

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

\_\_\_\_\_ Я.М. Корнієнко

(підпис)

“ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

**МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ**

**на здобуття освітнього ступеня магістр**

**з спеціальності:** 133 Галузеве машинобудування

**спеціалізація:** Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

**на тему: Модернізація установки виробництва миючих засобів із розробкою змішувача та теплообмінника**

**Виконала студентка 6-го курсу, групи ЛН-71мп**

Драгузя Олена Василівна

**Керівник проекту** канд. техн. наук, доц. О.Г. Зубрій

**Консультанти:**

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун

\_\_\_\_\_ (підпис)

розробка стартап-проекту

канд. економ. наук, доц. Н.В. Юдіна

\_\_\_\_\_ (підпис)

технологія виготовлення трубної плити теплообмінника

ст. викл., канд. техн. наук Я.Г. Двойнос

\_\_\_\_\_ (підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

канд. техн. наук, доц. А.Р. Степанюк

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Рецензент**

\_\_\_\_\_ (посада, вчене звання, науковий степінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студентка \_\_\_\_\_ О.В. Драгузя

Київ – 2018

## Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	12
Вступ.....	13
1 Призначення та область використання установки виробництва миючих засобів.....	15
1.1 Опис технологічного процесу.....	15
1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі .....	16
2 Технічні характеристики основних апаратів установки .....	18
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів.....	20
3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей.....	20
3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами .....	22
3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів.....	25
3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки .....	26
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій ..	36
4.1 Розрахунок змішувача .....	36
4.1.1 Визначення основних геометричних розмірів змішувача .....	36
4.1.2 Розрахунок потужності приводу при перемішуванні .....	38
4.1.3 Тепловий розрахунок змішувача.....	40
4.1.4 Розрахунок глибини воронки.....	47
4.1.5 Розрахунок гідравлічного опору .....	48
4.1.6 Розрахунок штуцерів змішувача.....	50
4.1.7 Розрахунок вала механічного перемішуючого пристрою на вібростійкість.....	52
4.1.8 Розрахунок вала механічного перемішуючого пристрою на міцність .....	55
4.1.9 Розрахунок вала механічного перемішуючого пристрою на жорсткість ..	57

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Лат		10

4.1.10 Розрахунок циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім тиском, осьюовою стискаючою силою, та згинаючим моментом .....	61
4.1.11 Розрахунок еліптичного днища та еліптичної кришки .....	64
4.2 Розрахунок теплообмінника .....	66
4.2.1 Розрахунок поверхні теплообміну .....	66
4.2.2 Розрахунок штуцерів .....	73
4.2.3 Гідравлічний розрахунок.....	75
4.2.4 Розрахунок товщини стінки апарата під дією внутрішнього тиску .....	79
4.2.5 Розрахунок товщини еліптичного днища.....	81
4.2.6 Розрахунок трубної решітки .....	83
4.2.7 Розрахунок укріплення отворів .....	84
4.2.9 Розрахунок маси апарату.....	85
5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	88
6 Рекомендації, щодо монтажу та експлуатації апаратів установки виробництва миючих засобів.....	97
7 Рівень стандартизації та уніфікації .....	99
8 Розроблення стартап-проекту .....	101
8.1Опис ідеї проекту .....	101
8.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	103
8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	104
8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту .....	112
8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту .....	114
8.6 Висновки до розділу .....	118
Висновки .....	119
Выводы.....	120
Conclusion.....	121
Перелік посилань .....	122
Додаток А Технологія виготовлення трубної плити теплообмінника .....	124

Додаток Б Автоматичний контроль і керування процесом .....	145
Додаток В Документація до патентного дослідження .....	150
Додаток Г Патенти, які використані в патентному дослідженні .....	162
Додаток Д Публікації автора.....	172

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

## Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

$G$  – масові витрати, кг/с;

$p$  – тиск, МПа;

$F$  – площа поверхні, м<sup>2</sup>;

$V$  – об'єм, м<sup>3</sup>;

$S$  – товщина, м;

$\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – коефіцієнт динамічної в'язкості, Па·с;

$\nu$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості, м<sup>2</sup>/с;

$c$  – теплоємність, Дж/(кг·К);

$Q$  – тепловий потік, Вт;

$W$  – швидкість, м/с;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К);

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$K$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$E$  – модуль пружності, МПа;

$\sigma$  – напруження в матеріалі, МПа;

$[\sigma]$  – допустиме напруження, МПа;

$\phi$  – коефіцієнт міцності зварного шва;

$I$  – момент інерції, м<sup>4</sup>;

$N$  – потужність, Вт;

Критерії:

$Pr$  – критерій Прандтля;

$Re$  – критерій Рейнольдса;

$Nu$  – критерій Нусельта.

## Вступ

Миючі засоби – це засоби побутової хімії, які призначені для догляду за одягом, приміщенням, автомобілями. До засобів побутової хімії також відносять дезінфікуючі засоби.

Сировиною для виробництва миючих речовин в даний час є композиції поверхнево-активних речовин (ПАР). Пізніше було встановлено, що корисні властивості останніх можуть бути посилені за рахунок додавання до них ряду інших органічних і неорганічних сполук: комплексоутворювачів, регуляторів рН та ін. Оптимальний вибір цих та поверхнево-активних речовин зумовив створення сучасних миючих засобів, в яких, як правило, найбільш раціональним є поєднання двох або трьох ПАР з різноманітними цільовими добавками.

Як в Україні, так і в світі, більше половини (у грошовому виразі) товарів побутової хімії – рідкі миючі засоби.

Друга за величиною категорія – порошкова. Потім йдуть тверді та пастоподібні засоби.

Метою дипломного проекту є модернізація установки виробництва миючих засобів, а саме – змішувача та теплообмінника.

Для досягнення даної мети в проекті поставлено наступні задачі: аналіз технологічного процесу, опис та обґрунтування обраної конструкції апарата, визначення технічних характеристик апарата, аналіз конструкцій та принципів дій апарата, порівняння проектного апарата з аналогами, патентний пошук, параметричні розрахунки проектного апарата, розрахунки на міцність, стійкість, жорсткість та вібростійкість основних механічно навантажених вузлів конструкцій апарата, розробка рекомендацій з монтажу та експлуатації обладнання, виконання складальних креслень проектного апарата, розробка вимог з охорони праці, схеми автоматичного керування технологічним процесом установки, розробку та описання технологічного процесу

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

виготовлення деталі (трубна плита), аналіз економічної ефективності модернізації.

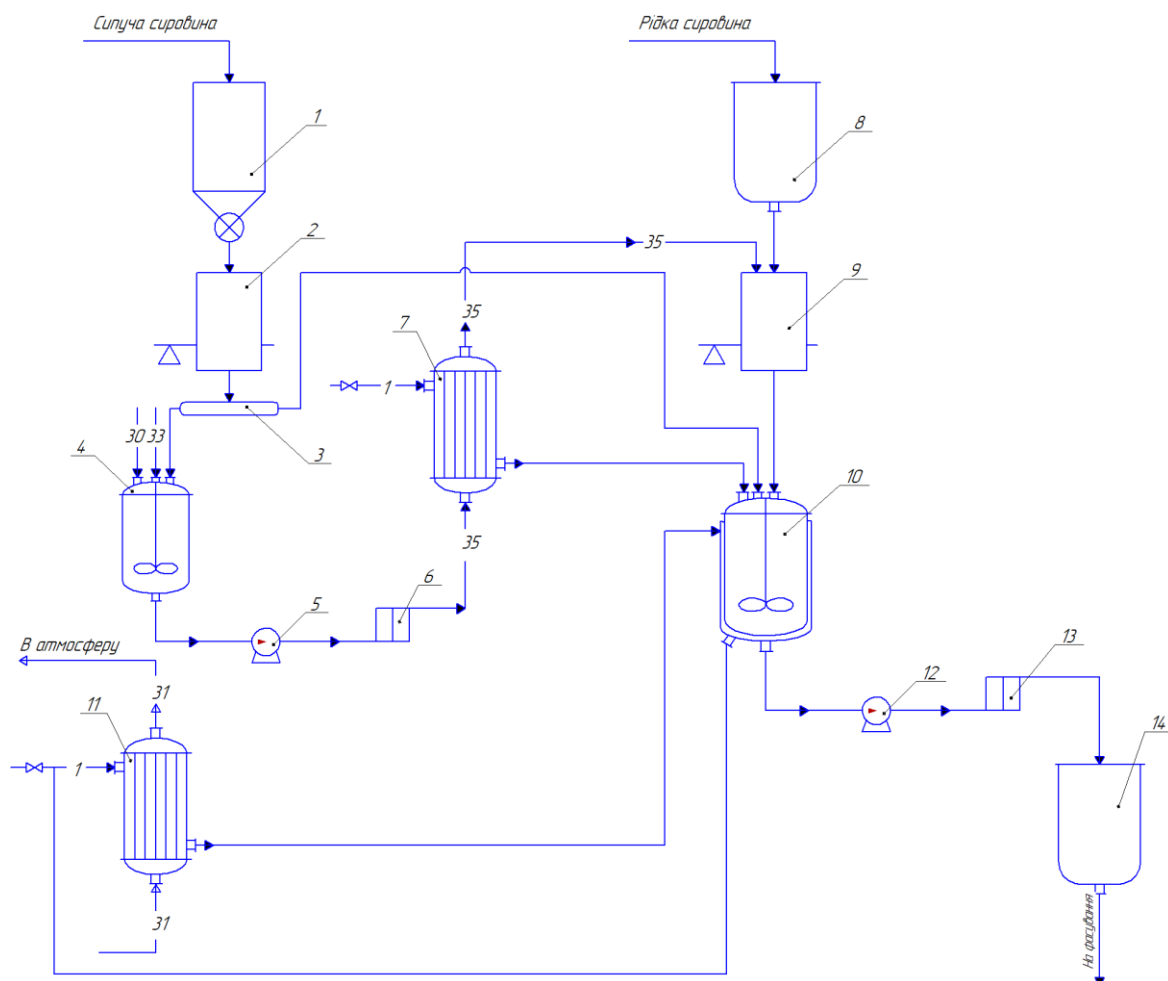
Завдання на магістерську дисертацію одержано 03.09.2018 під час проходження переддипломної практики в ІТТФ НАН України.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

# 1 Призначення та область використання установки виробництва миючих засобів

## 1.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема виготовлення рідких миючих засобів зображена на рисунку 1.1, згідно з [1].



- 1 – бункер сипучої сировини; 2,9 – ваговий дозатор;  
3 – транспортер; 4 – реактор; 5,12 – насос; 6,13 – фільтр;  
7,11 – теплообмінник; 8 – ємність рідкої сировини;  
10 – змішувач; 14 – збірник.

Рисунок 1.1 – Принципова технологічна схема

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		16



Для того, щоб отримати рідкі миючі засоби, амідопропіл бетаїну разом з лаурилсульфат натрієм та гліцерином розбавляють водою у співвідношенні 1:6. Суміш компонентів подається на дозатор 2 з бункера 1. Для отримання розчину компоненти подаються транспортером 3 до реактора 4 або до змішувача 10. Насосом 5 отриманий розчин поступає на фільтр 6 з реактора 4, де його фільтрують і охолоджують у теплообміннику 7 до 20°C. Піногасник та лимонна кислота надходять з ємності 8 в змішувач 10 через дозатори 9. Після завантаження додають воду, що не містить в складі солей жорсткості, нагрівають і перемішують до 60 – 70°C. Потім дозатором 9 додають розчин лаурилсульфат натрію з амідопропіл бетаїном. При нагріванні до 60 – 70°C і перемішуванні в апараті 10 відбувається розчинення. Підігрів змішувача 10 здійснюється за рахунок води, нагрітої раніше в теплообміннику 11. Після отримання однорідного розчину підігрів припиняється і при температурі 40 – 50°C вводять віддушку при перемішуванні. Одержаний в результаті розчин насосом 12 зі змішувача 10 через фільтр 13 направляють в збірник 14, після чого миючий засіб подають на фасування.

## 1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі

У виробництві миючих засобів головну роль відіграє змішувач. Перемішування миючих засобів залежить від таких факторів, як температура, кислотність середовища, що перемішується, тривалість перемішування, конструкція та матеріал обладнання в якому відбувається процес.

Виходячи з вимог і аналізу літературних даних, обрано циліндричний змішувач із еліптичним днищем і кришкою. У якості перемішуючого пристрою обрана лопатева мішалка, яка забезпечить необхідну інтенсивність перемішування для перемішування середовища. Апарат обладнаний оболонню з напівтруб, роль теплоносія у якій відіграє вода.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локвм.	Піппис	Лат		17

Описаний вище змішувач задовольняє поставленим вимогам та забезпечує оптимальні умови проведення процесу.

Для охолодження середовища зупиняємось на теплообміннику типу «труба в трубі», оскільки витрати теплоносіїв невеликі і вони не змінюють свого агрегатного стану. Апарат являє собою набір послідовно з'єднаних елементів, що складаються з концентрично розташованих труб. Описаний вище теплообмінник задовольняє поставленим вимогам та забезпечує оптимальні умови проведення процесу охолодження середовища.

Для даної схеми підібрано апарати, які відповідають наступним вимогам: простота конструкції, ремонтодоступність, простота виготовлення, легкість очистки, простота експлуатації.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

## 2 Технічні характеристики основних апаратів установки

Апарати призначені для виробництва миючих засобів при атмосферному тиску.

Основні технічні дані та характеристики змішувача:

1. Об'єм, м<sup>3</sup>

- номінальний 1;

- робочий 0,7.

2. Площа поверхні теплообміну, м<sup>2</sup> 2,7.

3. Висота рівня рідини, м 1,46.

4. Тиск, МПа

- в корпусі 0,1;

- в оболоні 0,6.

5. Температура, °С

- в корпусі 20-60;

- в оболоні 90-70.

6. Густина середовища в корпусі апарата, кг/м<sup>3</sup> 1040.

7. Коефіцієнт заповнення 0,7.

8. Потужність електродвигуна, кВт 4.

9. Частота обертання перемішуючого пристрою, 1/хв 100.

10. Основний конструкційний матеріал складальних одиниць та деталей, що контактують з середовищем, та оболоні – Х17Н13М2Т, прокладок – пароніт ПОН-А

Основні технічні дані та характеристики теплообмінника:

1. Призначений для охолодження середовища.
2. Площа загальної поверхні теплообміну, м<sup>2</sup> 2,11;
3. Продуктивність, кг/с 0,055;
4. Тиск, МПа :
  - у трубному просторі 0,1;
  - у міжтрубному просторі 0,6;
5. Температура, °С:
  - води 35-15;
  - середовища 65-20;
6. Маса виробу у робочому стані, кг 127;
7. Середовище в апараті нетоксичне, корозійне.

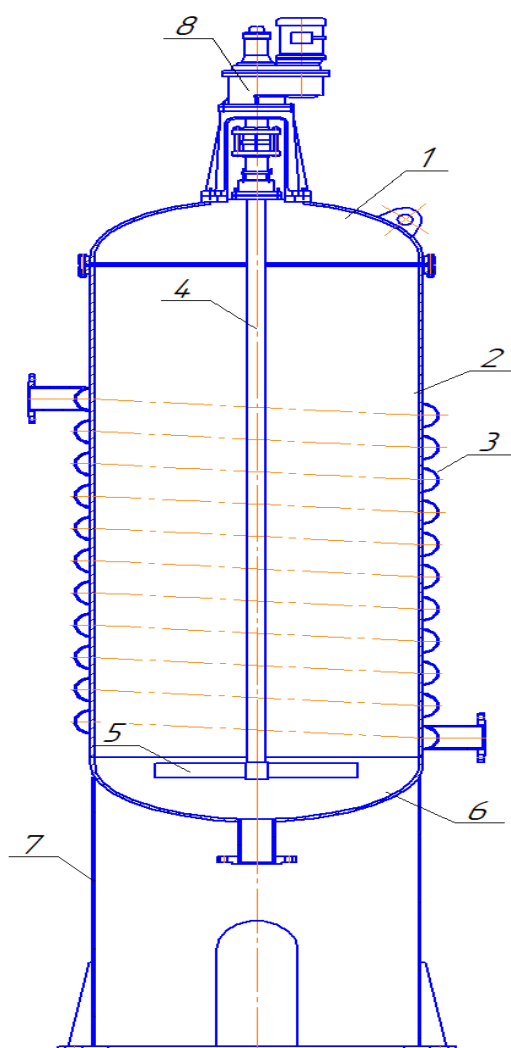
					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ доквм.	Піппис	Лат		

### 3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів

#### 3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей

Змішувач

Змішувач схематично зображено на рисунку 3.1.



1 – кришка; 2 – корпус; 3 – оболонь; 4 – вал;  
5 – перемішуючий пристрій; 6 – днище; 7 – опора, 8 – привід

Рисунок 3.1 – Схематичне зображення змішувача

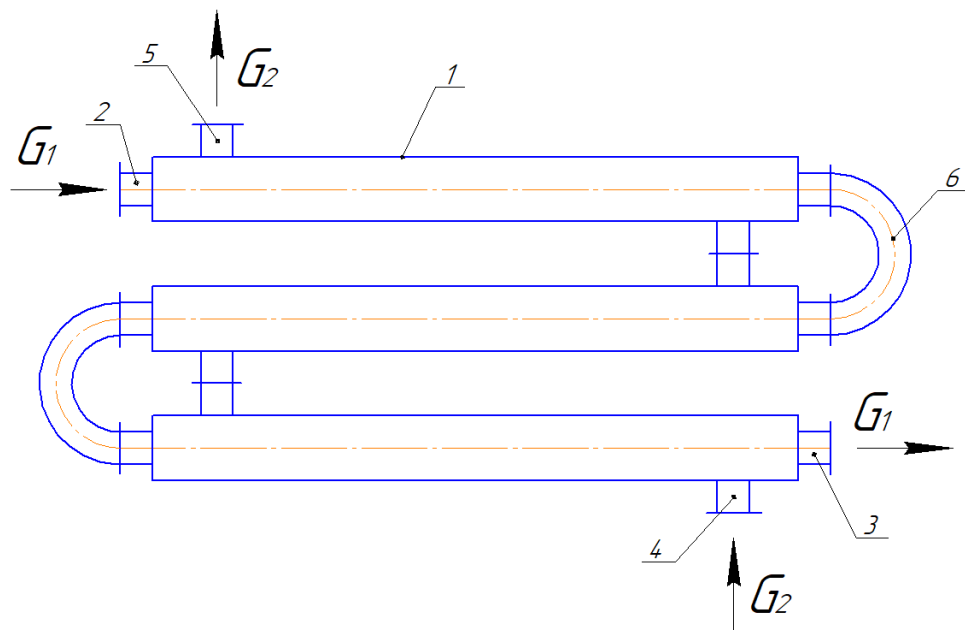
Апарат складається з корпусу 2, еліптичного днища 6 та кришки 1, всередині розташований перемішуючий пристрій 5, що закріплений на валу 4. Змішувач оснащений оболонню 3 для нагрівання суміші.

При змішуванні компонентів суміші необхідно нагріти середовище від 20°C до 60°C, подачею нагріваючої води температурою 35°C в оболонь змішувача.

Принцип дії. В апарат завантажують суміш та додаткові компоненти (барвник, піногасник). Для перемішування суміші в змішувачі вмонтований вал з лопатевою мішалкою. Описана вище конструкція задовольняє поставлені вимоги та забезпечує оптимальні умови процесу для перемішування.

### Теплообмінник

Теплообмінник схематично зображено на рисунку 3.2.



1 – корпус; 2 – штуцер для введення середовища в трубний простір;  
3 – штуцер для виведення середовища з трубного простору; 4 – штуцер для введення води в міжтрубний простір; 5 – штуцер для виведення води з міжтрубного простору; 6 – коліно для переходу середовища до наступної секції

Рисунок 3.2 – Схематичне зображення теплообмінника

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		22

Апарат складається з корпусу 1, штуцерів 2 для введення середовища в трубний простір та виведення 3 середовища з нього, штуцерів 4 для введення води в міжтрубний простір та виведення 5 води з нього. Також є трубна плита (не показано) і коліно для переходу середовища до наступної секції 6.

Принцип дії. В штуцер 2 подають середовище  $G_1$ , яке далі проходить в трубний простір, розвертається в коліні 6, повертається на  $180^\circ$  і йде чрез наступну секцію, після якої знову розвертається в коліні на  $180^\circ$ , проходить через останню секцію і виходить із штуцера 3. Вода  $G_2$  надходить в штуцер 4, повертається на  $90^\circ$  проходить по міжтрубному простору секції, переходить в наступну секцію, де знову розвертається на  $90^\circ$ , проходить по міжтрубному простору, переходить до останньої секції, після якої виходить із штуцера 5. зовнішньою стінкою циліндричного фрагмента 5 та корпусу 3.

### **3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами**

В даній магістерській дисертації розробляються конструкції змішувача та теплообмінника. Метою огляду є визначення актуальності розроблюваних апаратів, на сьогодишньому етапі розвитку науки та техніки, актуальність розроблюваних апаратів на світовому рівні, та на рівні України.

#### **Змішувач**

Змішувачі відрізняються об'ємами, розмірами, підведенням чи відведенням тепла, перемішуванням.

У магістерській дисертації конструкція змішувача з механічним перемішуючим пристроєм. Так як внаслідок ендотермічної реакції в процесі змішування витрачається тепло, виходячи з цього необхідно встановити оболонь.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
						23
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Розглянуто змішувач з різними перемішуючими пристроями. Для перемішування було обрано лопатеву мішалку з покращеною конструкцією.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика мішалок змішувачів

Основні технологічні показники	Лопатева	Рамна	Турбінна
Маса, кг (бали)	22(4)	160(1)	27(3)
Вартість, грн(бали)	6500(4)	9000(2)	7500(4)
Витрати потужності, кВт(бали)	4(3)	5,5(1)	5(2)
Частота обертів, об/с (бали)	1,66(3)	0,885(2)	2,972(4)
Діаметр перемішуючого пристрою, м (бали)	0,5(4)	1,8(2)	0,6(3)
Сума балів	18	8	16

Перевагами обраної конструкції мішалки є менша маса порівнянно з рамною та турбінною. Менша вартість порівняно з іншими перемішуючими пристроями. Якщо розглядати лопатеву та турбінну мішалки з майже однаковими діаметрами, вони мають різну витрату потужності, у лопатевої вона менша.

Висновки: Враховуючи, що змішувач з лопатевою мішалкою, який проектується, набрав більше балів порівнянно з іншими, то доцільно використовувати обраний варіант.



## Теплообмінник

За конструкцією запропонований теплообмінник суттєво відрізняється від інших теплообмінників (рисунок 3.1).

По-перше, в кожусі теплообмінника з обох кінців приварені трубні решітки, в які входить і виходить пучок трубок. Днище з'єднане з кожухом на фланцях за допомогою болтів, що дозволяє знімати і прочищати трубки. Трубки теплообмінника прямі, тому їх легко прочистити і в випадку появи тріщин замінити на нові. По-друге, він не має перегородок, за те має 3 секції, що дозволяє збільшити поверхню теплообміну втричі.

Таблиця 3.2. Порівняльна характеристика теплообмінників

Основні технологічні показники	Труба в трубі	Кожухотрубний з плаваючою головою	Спіральний теплообмінник
Термічний опір, $\text{м}^2\text{К/Вт}$ (бали)	2,5 (4)	2,5 (4)	3,28 (3)
Продуктивність, $\text{кг/с}$ (бали)	0,055 (2)	0,055 (2)	0,055 (2)
Швидкість рідини, $\text{м/с}$ (бали)	0,058 (2)	0,31 (3)	0,6 (4)
Діаметр, $\text{м}$ (бали)	0,079 (4)	2,0 (2)	1,7 (3)
Ширина, $\text{м}$ (бали)	2 (4)	4 (3)	6 (2)
Сума балів	16	14	14

Виходячи з таблиці 3.2 найменше матеріалу ми використаємо в конструкції теплообмінника 1 типу, тому обираємо цей тип апарату.

Висновки: Враховуючи, що теплообмінник, який проектується, набрав більше балів порівнянно з іншими, то доцільно використовувати обраний варіант.

### 3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів

#### Змішувач

Вибір конструкційного матеріалу обумовлений умовами експлуатації проектованого елемента (температура, характер агресивного впливу середовища, величина та циклічність навантаження та ін.).

Обичайки, днища, вали та перемішуючі пристрої, які контактують з агресивним середовищем, найчастіше виготовляються зі сталей 08X18H10T ГОСТ 5632-61. Ці сталі використовуються для апаратів, що працюють з агресивним середовищем, яке викликає корозію [3].

В розроблюваному апараті з агресивним середовищем контактують циліндрична обичайка та днище корпусу, а також вал і мішалка. Контакт з парами агресивної речовини більше зношує сталь, ніж контакт з рідиною, тому кришка корпусу теж повина бути виготовлена з корозійностійкої сталі.

До елементів, які не контактують з агресивним середовищем відносяться: опора, фланці, елементи приводу, кріпильні вироби.

Елементи конструкції, які не контактують з агресивним середовищем, виготовляються з таких сталей:

- Сталь 20 ГОСТ 5520-62. Температура контактуючого середовища  $t=+10...+200^{\circ}\text{C}$ , тиск не більше 1,6 МПа. Використовується для виготовлення плоских фланців корпусів апаратів, штуцерів та трубопроводів [3].

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локвм.	Пілпис	Лат		26

## Теплообмінник

Враховуючи вимоги, обираємо для обичайки, днища, кришки, трубок, штуцерів та трубних решіток вуглецеву конструкційну сталь для металевих конструкцій звичайного типу ВСт3пс (загальні технічні вимоги визначені ГОСТ 2590-71) [3].

Вуглецева конструкційна сталь звичайної марки отримала широке розповсюдження в хімічній промисловості. Ці марки відрізняються підвищеними міцнішими якостями. Такі сталі мають добру пластичність, високе значення ударної в'язкості, а також добру зварюваність. Тому при виготовленні апаратури доцільно застосовувати звичайні марки вуглецевих сталей, оскільки це дозволяє зменшити товщину стінки апарату і тим самим зменшити його масу, тобто економно використати матеріал.

Всі кріпильні вироби (болти, гайки, шайби) необхідно виготовити зі Сталі 35 ГОСТ 5632-72. Оскільки апарат працює при невисокому тиску і досить невеликій температурі, а середовище не агресивне, то для ущільнення фланцевих з'єднань використовуємо паронітові прокладки [3].

### 3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки

Предметом патентного пошуку є: змішувач та теплообмінник.

Результати патентних досліджень:

Змішувач

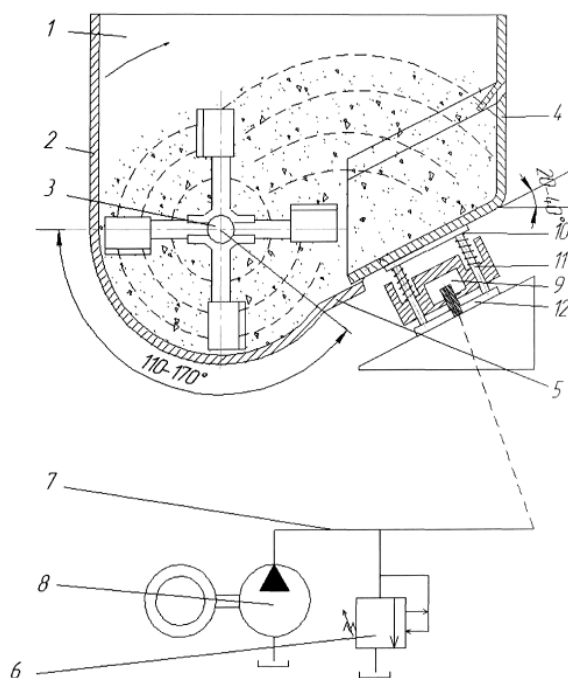
Вібраційний змішувач [28].

Схема апарату зображена на рисунку 3.3. Сутність винаходу: в апараті, який включає корпус 1 з днище 2, вздовж всього корпуса розміщений вал 3. Одна зі стінок апарату при цьому представляє собою лоток 4, нахилений під

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ доквм.	Піппис	Лат		27

кутом  $20-40^\circ$ . Кінець вала розміщений над кромкою днища, в якому центральний кут складає  $110-170^\circ$ . Також в ньому введено клапан керування 6, що з'єднаний трубопроводом 7 з привідним гідронасосом 8 і встановлений з можливістю періодичного відкриття-закриття зв'язку трубопроводу та з'єднання його зі зливом. Трубопровід з'єднаний з робочою порожниною 9, причому лоток сполучений з силовими пружинами 10, які через стержні 11 сполучені з траверсою 12.

Недоліками є збільшення кількості деталей, збільшення номенклатури матеріалів, недоцільність встановлення перемішуючого пристрою у в'язких середовищах.



1 – корпус; 2 - днище; 3 - вал; 4 – лоток; 5 – кромка днища;  
6 – клапан керування; 7 – трубопровод; 8 – гідронасос; 9 – робоча порожнина; 10 – силові пружини; 11 – стержні; 12 – траверса.

Рисунок 3.3 – Вібраційний змішувач

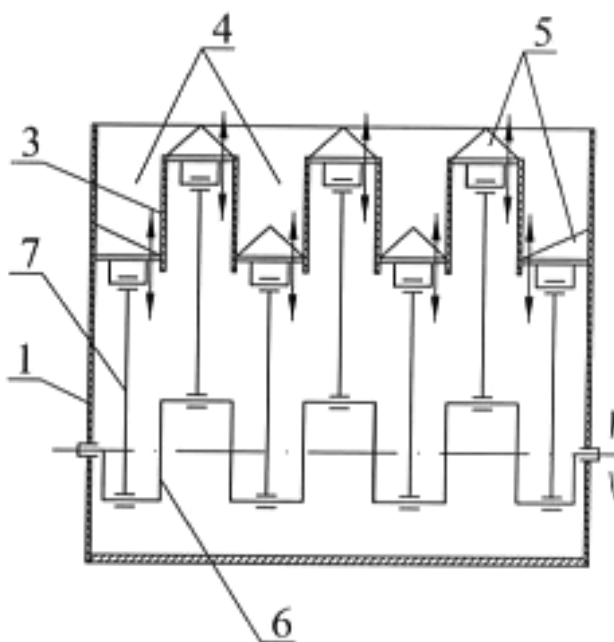
Змішувач сипких матеріалів [29].

Схематично зображений на рисунку 3.4. Апарат складається з рами 2, на якій розміщується корпус 1, в якому встановлюють перегородки 3, які

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Піппис	Лат		28

розділяють його на робочі камери 4 з днищами у вигляді рухомих полицок 5, які мають форму рівнобедреного трикутника в перерізі, а бокові рухомі полицки утворені однією гранню, нахиленою всередину корпусу, крім того, всередині корпусу 1 розміщено два однакових колінчастих вали 6 з можливістю синхронного обертання в одну сторону від привода, а також які з'єднані за допомогою шатунів 7 з рухомими полицками 5, чим забезпечено зворотно-поступальний рух останніх між перегородками.

Недоліком конструкції є утворення в осьовій частині змішувальної камери "мертвих" зон, де змішування сипкого матеріалу майже не відбувається внаслідок переміщення шнекового робочого органу виключно по периферії змішувальної камери.



1 – корпус; 2 – рама; 3 - перегородки; 4 – робоча камера;  
5 – рухомі полицки; 6 – колінчастий вал; 7 – шатун.

Рисунок 3.4 – Змішувач сипких матеріалів

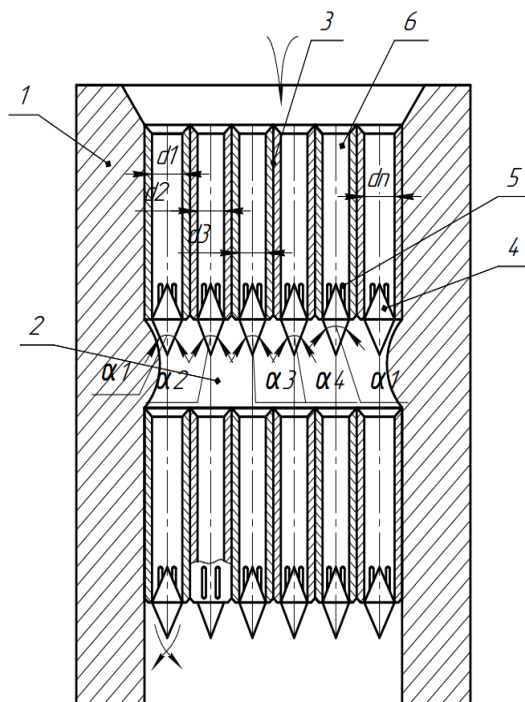
Статичний змішувач полімерних матеріалів [30].

Схематично зображений на рисунку 3.5. В нижній частині труб апарата розміщують насадки, що являють собою конуси та роблять прорізи. Труби обирають довжиною, що дорівнює близько восьми-десяти діаметрів отвору

труби. При цьому в пучку труби виконуються з різними діаметрами. Насадки можна виконувати з різними кутами вершин конусів.

Переваги: оптимізація масообмінних процесів.

Недоліки: високий гідравлічний опір змішувача, що виникає внаслідок 15 ущільнення каналів, по яких тече розплав полімеру.



1 – корпус; 2 – зазор; 3 – поперечний переріз труби; 4 – насадка;  
5 – проріз; 6 – прохідний отвір.

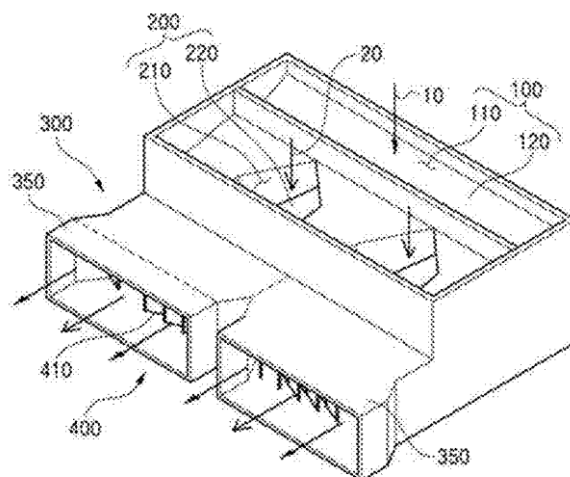
Рисунок 3.5 – Статичний змішувач полімерних матеріалів

Статичний змішувач [31].

Схематично зображений на рисунку 3.6. Статичний змішувач для змішування газів, які подають на селективний каталітичний редуктор 1, розташований на зворотному боці апарата, включає в себе перегородку 2 для газу, яка має впускний отвір і множину отворів, розділених для введення газів, що мають різні температури, так що газ, що вводиться через перший впускний отвір і множина інших впускних отворів потрапляють у розділені ділянки 3. Передбачена частина, яка зв'язується з частиною для розміщення газу для збору і вивантаження газів, і передбачена частина змішувальної пластини 4, яка має

декілька отворів, розташованих на верхній і нижній частинах порожнистої частини випускної частини в такій такій спосіб, щоб мати певний кут щодо напрямків викидних газів.

Недоліками такої конструкції є все ж таки досить низька здатність перемішування по всьому об'єму.



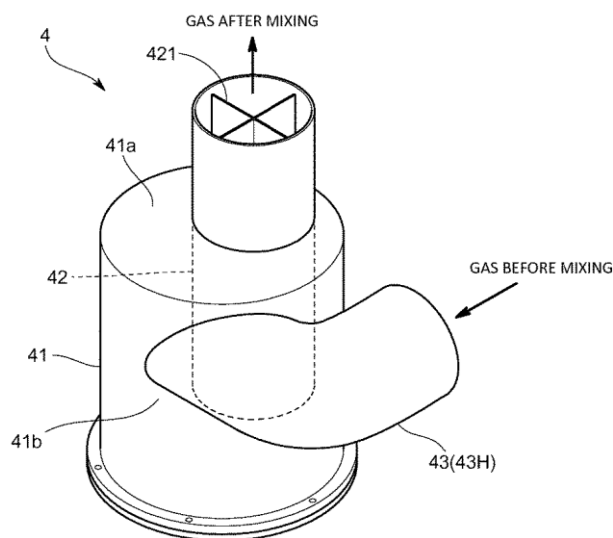
100 – каталітичний редуктор; 200 – пергородка; 350 – розділені ділянки;  
410 – змішувальна пластина.

Рисунок 3.6 – Статичний змішувач

Газовий змішувач [32].

Схематично зображено на рисунку 3.7. Даний апарат призначений для змішування газів і забезпечений: корпусом 1, який має поглиблену частину, що проходить в осьовому напрямку; внутрішня частина труби 2, яка забезпечується в порожній частині вздовж осьового напрямку; частина введення газу 5, яка подається на основний корпус змішувача 1, і вводить змішувальний цільовий газ у простір для змішування 6; і випускну частину газу 3, яка забезпечується у внутрішній частині труби для виведення газу змішувального цільового матеріалу, в якій центральна ось внутрішньої частини труби та кришка 4 забезпечуються у взаємно різних положеннях.

Недолік: велика металоємність апарату.



41 – корпус; 42 – внутрішня частина труби; 421 – випускна частина;  
41a – кришка; 43 – частина введення газу; 41b – простір для змішування.

Рисунок 3.7 – Газовий змішувач

Висновок: в результаті патентного пошуку встановлено, що сучасні тенденції покращення змішувачів направлені на рівномірну гоменізацію середовища, оптимізацію масообмінного процесу. В запропонованій конструкції апарата не використовуються технічні рішення, захищені правами інтелектуальної власності, а отже апарат є патентно чистим. Регламент патентного пошуку наведено в Додатку В.

В основу модернізації покладено задачу збільшення коефіцієнту тепловіддачі.

### Теплообмінник

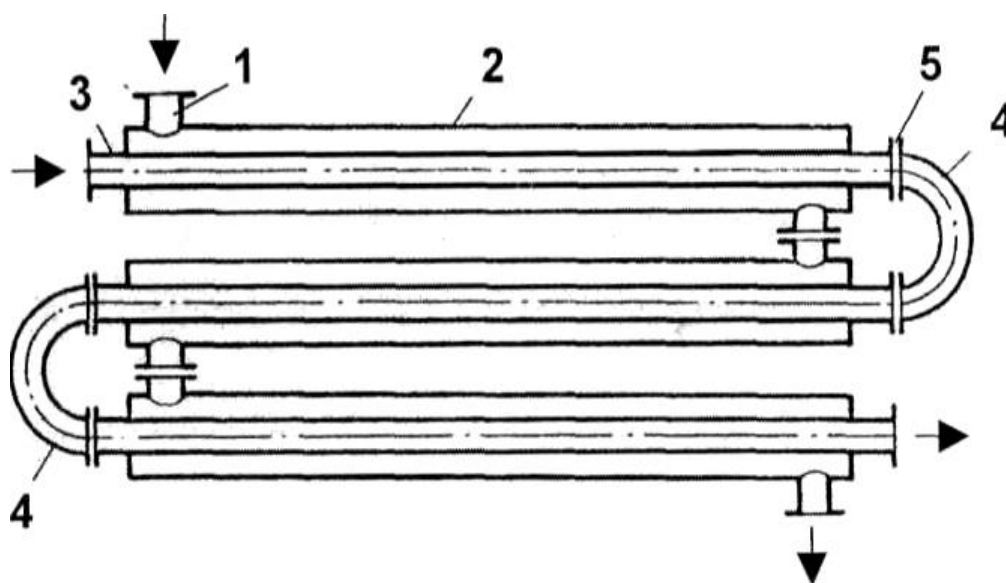
Теплообмінник «труба в трубі» [33].

Схематично зображено на рисунку 3.8. Апарат складається з зовнішніх 2 та внутрішніх 3 труб, з'єднаних між собою за допомогою калачів 4 і фланців 5. В калачач розміщено трубчасту полімерну вставку, на внутрішній поверхні якої



розміщені спіральні ребра. На одному з торців кожної трубчастої полімерної вставки виконано розбортування для її розміщення в заглибині фланця. Вхід речовин здійснюється за допомогою патрубку 1.

Недоліки апарата: відносно велика матеріалоемність, спричинена наявністю 2 калачів з двома фланцевими з'єднаннями на їхніх кінцях.



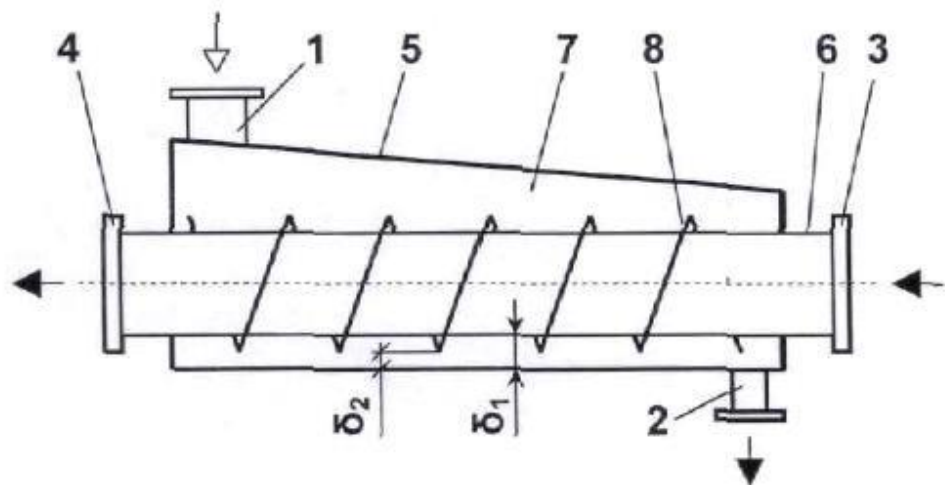
1 – патрубок; 2 – зовнішні труби; 3 – внутрішні труби;  
4 – калач; 5 – фланець.

Рисунок 3.8 – Теплообмінник «труба в трубі»

Теплообмінник «труба в трубі» [34].

Схематично зображено на рисунку 3.9. Апарат складається з зовнішньої труби 5 й розміщених в ній внутрішній циліндричній трубі 6, кожна з яких має патрубки входу 1,3 і виходу 3,4 речовин. Зовнішню трубу виконано конічною. На поверхні внутрішньої труби розміщують поперечне ребро або декілька поперечних ребер, з утворенням зазору.

Недоліки апарата: неможливість використання в'язких рідин і подачі в міжтрубний простір апарата рідини з високою швидкістю; складність конструкції; складність очистки.

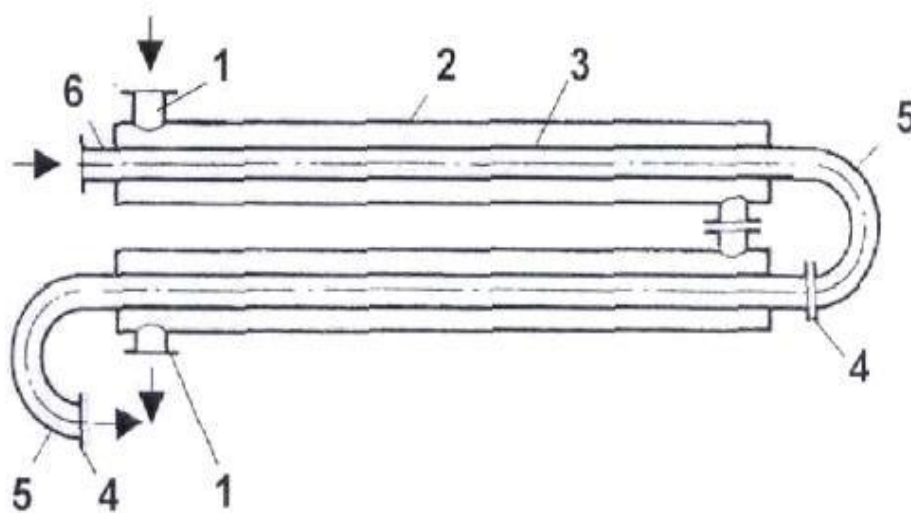


1, 3, – патрубки входу речовини; 2, 4 – патрубки виходу речовини;  
 5 – зовнішня конічна труба; 6 – внутрішня циліндрична труба;  
 7 – кільцева попожнина; 8 – поперечне ребро.

Рисунок 3.9 – Теплообмінник «труба в трубі»

Теплообмінник «труба в трубі» [35].

Схематично зображено на рисунку 3.10. Апарат складається з зовнішніх 2 та внутрішніх 3 труб, які з'єднують патрубками 1, оснащених на кінцях фланцями 4. Останнє коліно 5 виконано зігнутим під кутом 180°.



1 – патрубок; 2 – зовнішні труби; 3 – внутрішні труби;  
 4 – фланець; 5 – коліно.

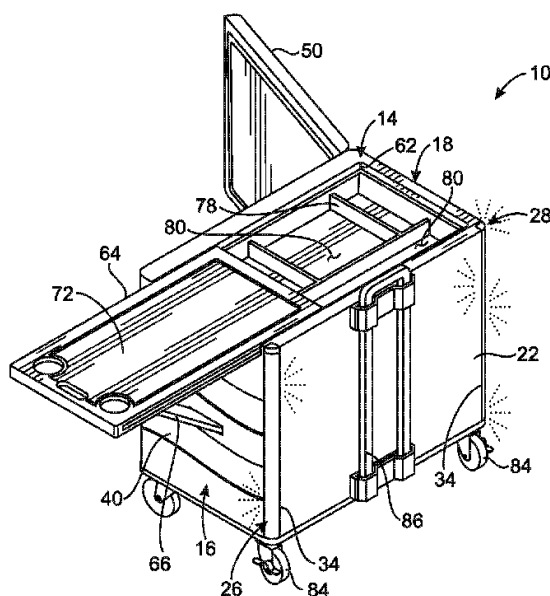
Рисунок 3.10 – Теплообмінник «труба в трубі»

Недоліки апарата: складність конструкції; складність очистки; дороге технічне обслуговування апарата.

Повітряний холодильник [36].

Схематично зображено на рисунку 3.11. Апарат призначений для теплообміну і підвищення ефективності теплообміну повітряного холодильника. Трубний пучок розміщується під кутом до напрямку повітря, і також забезпечується зниження швидкості потоку.

Недоліки: трубний пучок розташований таким чином, що призводить до утворення конденсату.



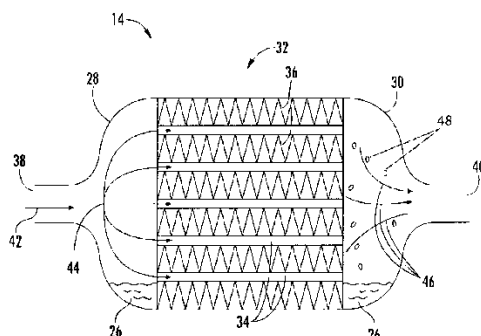
14 – верхня сторона; 16 – ліва сторона; 18 – права сторона;  
 22 – лівий край задньої стінки; 26,28 – кут; 34 – кожух;  
 40,72 – зовнішня поверхня; 50,64 – двері; 62 – верхній отвір;  
 66 – опора; 78 – дільник; 84 – колесо; 86 – ручка.

Рисунок 3.11 – Холодильник

Повітряний холодильник [37].

Апарат призначений для теплообміну і підвищення ефективності теплообміну та стосується способу зниження конденсату.

Недоліки апарата: складність конструкції; конденсат потрапляє в апарат.



26 – конденсат; 28 – вхідна кришка; 30 – вихідна кришка;

34 – трубки; 36 – оребрення.

Рисунок 3.12 – Повітряний холодильник

Висновок: в результаті патентного пошуку встановлено, що сучасні тенденції інтенсифікації теплообмінних процесів направлені на підвищення питомої поверхні теплообміну або на турбулізацію потоків. Регламент патентного пошуку наведено в Додатку В.

## 4.1 Розрахунки, які підтверджують працездатність і надійність конструкцій

### 4.1 Розрахунок змішувача

Мета: визначення основних конструктивних та енергетичних показників змішувача, призначеного для отримання миючих засобів.

#### 4.1.1 Визначення основних геометричних розмірів змішувача

Мета розрахунку: визначення основних геометричних та конструктивних параметрів апарата.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.1

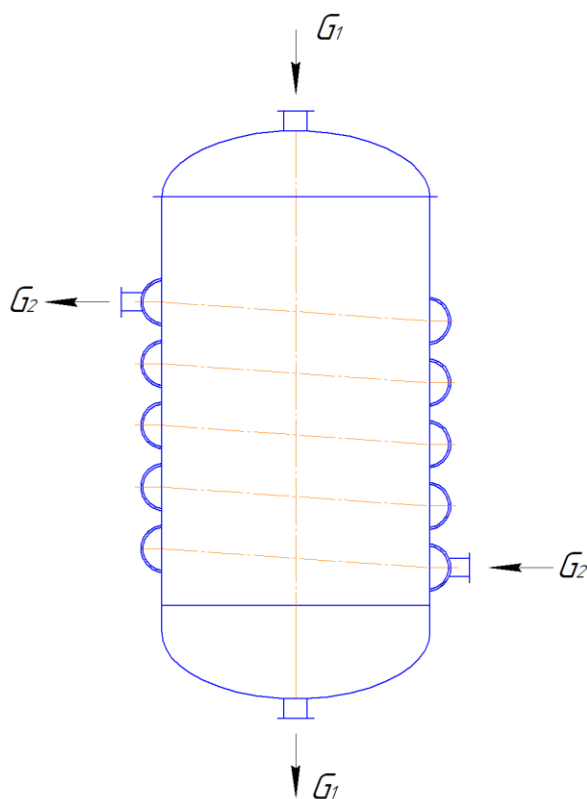


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема апарата

Метою розрахунку є вибір робочого об'єму та геометричних розмірів змішувача, а також визначення продуктивності апарата та кількості апаратів для забезпечення заданої продуктивності.

Приймаємо змішувач у вигляді вертикального циліндричного апарату [8] ВЕЕ об'ємом 1 м<sup>3</sup>.

Вихідні дані:

задана продуктивність $G_3$ , т/рік	1660;
об'єм ферментера $V$ , м <sup>3</sup>	1;
тривалість процесу $\tau$ , год	1;
коефіцієнт заповнення $\phi$	0,7.

Об'єм рідини в апараті (робочий об'єм змішувача) дорівнює:

$$V_p = V \cdot \phi = 1 \cdot 0,7 = 0,7 \text{ м}^3.$$

Маса отриманих миючих засобів за один цикл роботи змішувача:

$$m_{мз} = V_p \cdot \rho = 0,7 \cdot 1040 = 728 \text{ кг.}$$

де  $\rho = 1040 \text{ кг/м}^3$  – густина суміші.

Продуктивність за годину:

$$G = \frac{m_{мз}}{\tau} = \frac{728}{1} = 728 \text{ кг/год.}$$

Річна продуктивність змішувача:

$$G_{річне} = G \cdot t \cdot 24 = 728 \cdot 330 \cdot 24 = 419,3 \text{ т/рік,}$$

де  $t = 330$  робочих днів в 1 році.

Необхідна кількість змішувачів:

$$n = \frac{G_3}{G_{річне}} = \frac{1660}{419,3} = 3,959 \text{ од.}$$

Отже приймаємо 4 змішувача з корпусом за апарат з еліптичним відборттованим днищем номінальною ємністю 1 м<sup>3</sup> кожний:

- внутрішній діаметр  $D = 800 \text{ мм}$ ;

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

- висота циліндричної частини  $L = 1725$  мм;

-внутрішня площа поверхні  $F = 5,73$  м<sup>2</sup>.

Еліптичні днища для апарата такого діаметра мають наступні показники [4, стр. 440]:

-внутрішній діаметр  $D_{\text{вн}} = 800$  мм;

-висота еліптичної (опуклої) частини  $H_{\text{ел}} = 200$  мм;

-висота відбортівки  $h = 25$  мм;

-внутрішня поверхня  $F = 0,756$  м<sup>2</sup>;

-ємність днища  $V_{\text{дн}} = 0,0796$  м<sup>3</sup>.

Об'єм рідини в циліндричній частині  $V_{\text{рц}}$  у ферментері:

$$V_{\text{рц}} = V_p - V_{\text{дн}} = 0,7 - 0,0796 = 0,6204 \text{ м}^3.$$

Тоді висота рідини в циліндричній частині змішувача дорівнює:

$$H_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{рц}}}{\pi \cdot R_{\text{вн}}^2} = \frac{0,6204}{3,14 \cdot 0,4^2} = 1,235 \text{ м}.$$

Загальна висота рідини у змішувачі:

$$H_p = H_{\text{ц}} + h + H_{\text{ел}} = 1,235 + 0,025 + 0,2 = 1,46 \text{ м}.$$

Висновок: обрано змішувач у вигляді вертикального циліндричного апарату з еліптичною кришкою та днищем типу ВЕЕ, об'ємом 1 м<sup>3</sup>. Розраховано продуктивність змішувача, виходячи з заданої потужності виробництва прийнято 4 змішувача номінальним об'ємом 1 м<sup>3</sup>. Вибрані корпуси за ГОСТ 9931-85. Визначена висота рідини у змішувачі.

#### 4.1.2 Розрахунок потужності приводу при перемішуванні

Метою розрахунку є знаходження потужності, що витрачається на перемішування в змішувачі, та вибір приводу.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локвм.	Пілпис	Лат		39

Вихідні дані:

діаметр апарата $D$ , м	0,8;
густина суміші, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1040;
коефіцієнт динамічної в'язкості $\mu$ , Па·с	$6,5 \cdot 10^{-4}$ ;
частота обертання мішалки $n$ , сек <sup>-1</sup>	1,66.

Розрахунок потужності приводу для забезпечення заданої продуктивності змішувача здійснено за методикою наведеною у літературі [4, стр. 702].

Діаметр мішалки визначаємо наступним чином:

$$d_m = \frac{D}{1,6} = \frac{0,8}{1,6} = 0,5 \text{ м.}$$

Ширина лопасті мішалки:

$$b = 0,1 \cdot d_m = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ м.}$$

Висота лопатевої мішалки:

$$h = 0,3 \cdot d_m = 0,3 \cdot 0,5 = 0,15 \text{ м.}$$

Кругова швидкість мішалки при частоті обертання  $n$ :

$$\omega = \pi \cdot n \cdot d_m = 3,14 \cdot 1,66 \cdot 0,5 = 2,606 \text{ м/сек.}$$

Значення критерію Рейнольдса при перемішуванні суміші:

$$Re = n \cdot d_m^2 \cdot \frac{\rho}{\mu} = 1,66 \cdot 0,5^2 \cdot \frac{1040}{6,5 \cdot 10^{-4}} = 6,64 \cdot 10^5.$$

Потужність, що витрачається на перемішування суміші:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^5 = 0,2 \cdot 1040 \cdot 1,66^3 \cdot 0,5^5 = 29,73 \text{ Вт.}$$

Оскільки висота рідини в апараті  $H_p > D$ , необхідна на перемішування потужність береться з коефіцієнтом  $K_H$ , який знаходимо за формулою:

$$K_H = \left( \frac{H_p}{D} \right)^{0,5} = \left( \frac{1,46}{0,8} \right)^{0,5} = 1,351.$$

Для лопатевої мішалки  $K_N=0,2$ .

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		



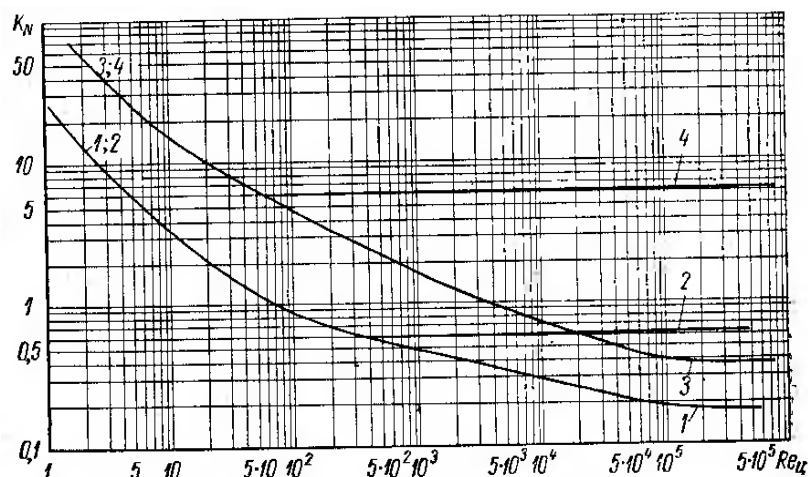


Рисунок 4.2 – Графік залежності для перемішувальних пристроїв [4, стр. 707]

Кінцева розрахункова потужність електродвигуна приводу:

$$N = K_H \cdot N = 1,351 \cdot 29,73 = 40,165 \text{ Вт},$$

Висновок: у довідковій літературі [3] найближчий мотор-редуктор (з даною частотою обертання)  $N = 4$  кВт, позначення мотор-редуктора МР1-500-13-125Ф1В. Потужність електродвигуна достатня для того, щоб забезпечити перемішування суміші з частотою обертання вала 100 об/хв.

### 4.1.3 Тепловий розрахунок змішувача

Метою розрахунку є визначення площі поверхні теплообміну.

Схема передачі тепла від одного теплоносія іншому через стінку апарата подана на рисунку 4.3.

Вихідні дані:

тривалість процесу нагрівання $\tau$ , год	0,417;
об'єм рідини в апараті $V_p$ , м <sup>3</sup>	0,7;
початкова температура суміші $t_{11}$ , °С	20;
кінцева температура суміші $t_{12}$ , °С	60;
температура води на вході $t_{21}$ , °С	90;
температура води на виході $t_{22}$ , °С	70.

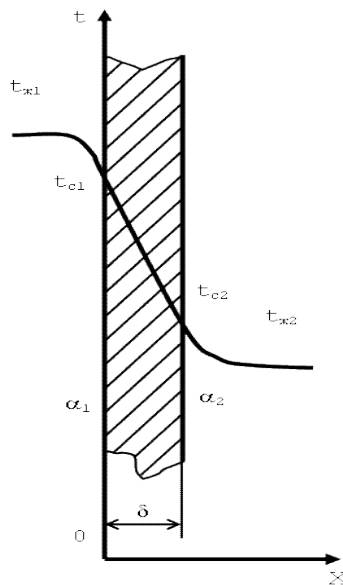


Рисунок 4.3 – Схема теплопередачі через стінку апарата  
На рисунку 4.4 зображено схему температурного режиму.

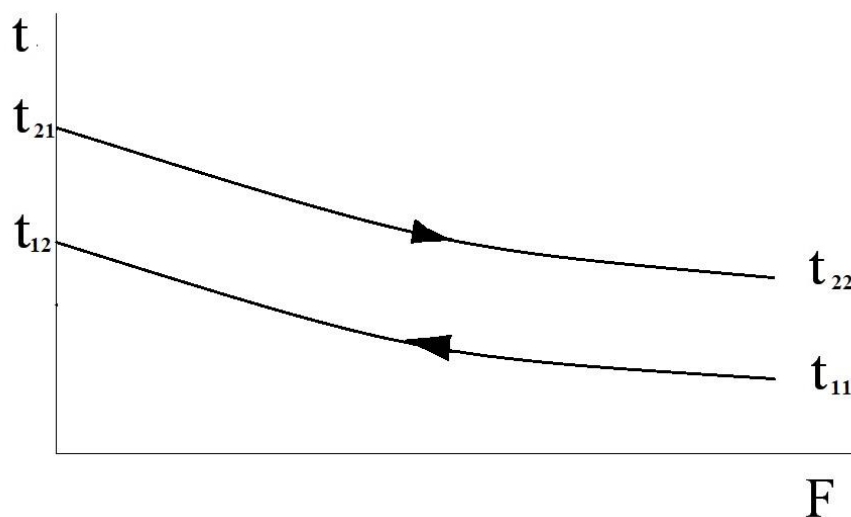


Рисунок 4.4 – Схема температурного режиму

Розрахунок теплового навантаження змішувача здійснено за методикою наведеною в літературі з [6, стр. 149].

Знаходимо більшу різницю температур:

$$\Delta t_B = t_{22} - t_{11} = 70 - 20 = 50 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Менша різниця температур:

$$\Delta t_M = t_{21} - t_{12} = 90 - 60 = 30 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня різниця температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{2,31 \cdot \lg \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}} \cdot \varepsilon = \frac{50 - 30}{2,31 \cdot \lg \frac{50}{30}} \cdot 1 = 39,1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура суміші:

$$t_{cp1} = \frac{t_{11} + t_{12}}{2} = \frac{20 + 60}{2} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура води:

$$t_{cp2} = t_{cp1} + \Delta t_{cp} = 40 + 39,1 = 79,1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Різниця температур суміші:

$$\Delta t_1 = t_{12} - t_{11} = 60 - 20 = 40 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Різниця температур води:

$$\Delta t_2 = t_{21} - t_{22} = 90 - 70 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

При середній температурі суміші 40 °С :

густина $\rho_1$ , кг/м <sup>3</sup>	1040;
коефіцієнт динамічної в'язкості $\mu_1$ , Па·с	$6,5 \cdot 10^{-4}$ ;
коефіцієнт теплопровідності суміші $\lambda_1$ , Вт/(м·К)	0,63;
теплоємність суміші $c_1$ , Дж/(кг·К)	4180.

При середній температурі води 79,1 °С:

густина $\rho_2$ , кг/м <sup>3</sup>	972;
коефіцієнт динамічної в'язкості $\mu_2$ , Па·с	$3,55 \cdot 10^{-4}$ ;
коефіцієнт теплопровідності води $\lambda_2$ , Вт/(м·К)	0,67;
теплоємність води $c_2$ , Дж/(кг·К)	4190.

Масу змішувача визначимо за формулою:

$$m = 230 \cdot p \cdot D^3 = 230 \cdot 0,1 \cdot 0,8^3 = 11,776 \text{ кг},$$

де  $p = 0,1$  МПа – тиск в корпусі апарата.

Кількість теплоти, витраченої на нагрів змішувача:

$$q = (m \cdot c_a + m_{\text{мз}} \cdot c_1) \cdot \Delta t_1 = (11,776 \cdot 515 + 728 \cdot 4180) \cdot 40 = 1,22 \cdot 10^8 \text{ Дж.}$$

Продуктивність змішувача за секунду:

$$G_{\text{зм}} = \frac{m_{\text{мз}}}{\tau \cdot 3600} = \frac{728}{0,417 \cdot 3600} = 0,485 \text{ кг/с.}$$

Тепловий потік:

$$Q_{\text{зм}} = c_1 \cdot G_{\text{зм}} \cdot \Delta t_1 = 4180 \cdot 0,485 \cdot 40 = 8,115 \cdot 10^4 \text{ Вт.}$$

Витрати води:

$$G_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{\Delta t_2 \cdot c_2} = \frac{8,115 \cdot 10^4}{20 \cdot 4190} = 0,968 \text{ кг/с.}$$

Значення критерію Рейнольдса при перемішуванні суміші:

$$\text{Re}_1 = n \cdot d_{\text{м}}^2 \cdot \frac{\rho_1}{\mu_1} = 1,66 \cdot 0,5^2 \cdot \frac{1040}{6,5 \cdot 10^{-4}} = 6,64 \cdot 10^5$$

Для циліндричних апаратів з зовнішніми оболонками  $C = 0,36$  і  $m = 0,67$ ,  
тоді:

$$\text{Nu}_1 = C \cdot \text{Re}_1^m \cdot \frac{\text{Pr}_1^{0,33}}{\Gamma} = 0,36 \cdot (6,64 \cdot 10^5)^{0,67} \cdot \frac{4,31^{0,33}}{1,6} = 2,9 \cdot 10^3,$$

де  $\text{Pr}_1 = 4,31$  – критерій Прандтля для суміші;  $\Gamma = 1,6$  – відношення діаметра апарата ( $D$ ) до діаметру мішалки ( $d_{\text{м}}$ ).

Коефіцієнт тепловіддачі до рідини:

$$\alpha_1 = \text{Nu}_1 \cdot \frac{\lambda_1}{d_{\text{м}}} = 2,9 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,63}{0,5} = 3,654 \cdot 10^3 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К).}$$

Методом послідовних наближень отримано задовільний результат при розташуванні оболоні зі змієвиковими каналами. Схема оболоні зі змієвиковими каналами зображена на рисунку 4.5.

Звідси:

$$V_{\text{в}} = \frac{G_{\text{в}}}{\rho_2} = \frac{0,968}{972} = 9,962 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с.}$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ локвм.	Пілпис	Лат		

Виходячи з того, що внутрішній діаметр апарату дорівнює 0,8 м, а товщина стінки корпусу апарата  $s = 0,01$  м, зовнішній діаметр апарата дорівнюватиме:

$$D_3 = D + 2 \cdot s = 0,8 + 2 \cdot 0,01 = 0,82 \text{ м.}$$

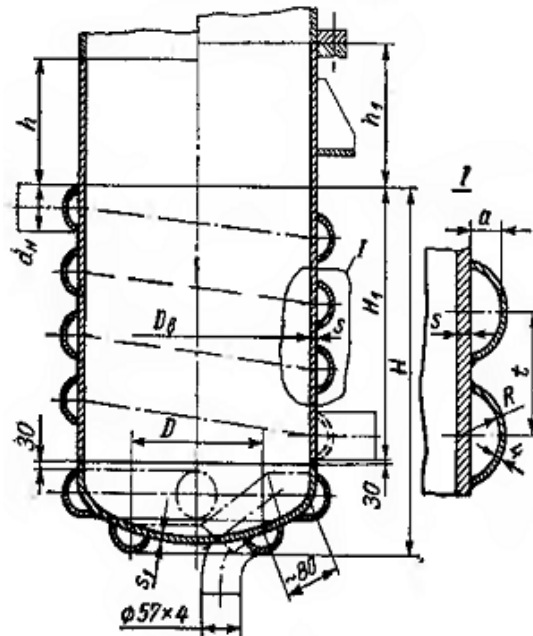


Рисунок 4.5 – Схема оболоні апарата

Звідси:

$$V_6 = \frac{G_6}{\rho_2} = \frac{0,968}{972} = 9,962 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Виходячи з того, що внутрішній діаметр апарату дорівнює 0,8 м, а товщина стінки корпусу апарата  $s = 0,01$  м, зовнішній діаметр апарата дорівнюватиме:

$$D_3 = D + 2 \cdot s = 0,8 + 2 \cdot 0,01 = 0,82 \text{ м.}$$

Знаходимо кут, виходячи з висоти та радіуса:

$$\alpha = 1 - \frac{a}{R} = 1 - \frac{0,035}{0,0405} = 0,136,$$

де  $a = 0,035$  – висота труби;  $R = 0,0405$  – радіус труби.

Переведемо в градуси отримане значення:

$$\alpha = \arccos(0,136) \cdot 2 = 82 \cdot 2 = 164^\circ$$

І в радіани:

$$\alpha_{рад} = \frac{\pi \cdot \alpha}{180} = \frac{\pi \cdot 164}{180} = 2,861$$

Звідси площа сегмента (площа поперечного перерізу труби):

$$f = \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot (\alpha_{рад} - \sin(\alpha_{рад})) = \\ = \frac{1}{2} \cdot 0,0405^2 \cdot (2,861 - \sin(2,861)) = 2,119 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Швидкість води в трубах:

$$\omega_6 = \frac{V_6}{f} = \frac{9,962 \cdot 10^{-4}}{2,119 \cdot 10^{-3}} = 0,47 \text{ м/с.}$$

Периметр труб:

$$P = L_{дуги} + L_{хорди} = 0,116 + 0,022 = 0,138 \text{ м,}$$

$$\text{де } L_{дуги} = \alpha_{рад} \cdot R = 2,861 \cdot 0,0405 = 0,116 \text{ м,}$$

$$L_{хорди} = 2 \cdot R \cdot \sin(\alpha_{рад}) = 2 \cdot 0,0405 \cdot \sin(2,861) = 0,022 \text{ м.}$$

Звідси еквівалентний діаметр труб:

$$d_{екв} = \frac{4 \cdot f}{P} = \frac{4 \cdot 2,119 \cdot 10^{-3}}{0,138} = 0,061 \text{ м.}$$

Необхідна кількість труб:

$$z = \frac{H_p}{t} = \frac{1,46}{0,115} = 12,69 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість труб  $z = 13$  шт.

Значення критерію Рейнольдса в оболоні:

$$\text{Re}_2 = \omega_6 \cdot d_{екв} \cdot \frac{\rho_2}{\mu_2} = 0,47 \cdot 0,061 \cdot \frac{972}{3,55 \cdot 10^{-3}} = 7,894 \cdot 10^4.$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		46

З урахуванням проведеної модернізації розрахуємо коефіцієнт шорсткості згідно [15]:

$$\varepsilon_{ш} = 1,04 \cdot \text{Pr}_2^{0,04} \cdot e^{\left(0,85 \cdot \left(\frac{13}{s/h}\right)\right)} = 1,04 \cdot 2,21^{0,04} \cdot e^{\left(0,85 \cdot \left(\frac{13}{40}\right)\right)} = 1,415,$$

де  $s / h = 40$  - відношення кроку між вершинами шорсткості до висоти шорсткості [13].

Значення критерію Нусельта:

$$\begin{aligned} Nu_2 &= 0,021 \cdot \text{Re}_2^{0,8} \cdot \text{Pr}_2^{0,43} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_2}{\text{Pr}_{cm}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_{ш} = \\ &= 0,021 \cdot (7,894 \cdot 10^4)^{0,8} \cdot 2,21^{0,43} \cdot \left(\frac{2,21}{2,5}\right)^{0,25} \cdot 1,415 = 345,88, \end{aligned}$$

де  $\text{Pr}_2 = 2,21$  - критерій Прандтля для води при її середній температурі;  $\text{Pr}_{cm} = 2,5$  - критерій Прандтля для води при температурі стінки труби.

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_2 = Nu_2 \cdot \frac{\lambda_2}{d_{екв}} = 345,88 \cdot \frac{0,67}{0,061} = 3781 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт теплопередачі дорівнює:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \sum \frac{\delta}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{1}{3654} + \frac{1}{3781} + \frac{0,01}{17}} = 887,813 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

де  $\lambda_{cm} = 17 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  – коефіцієнт теплопровідності;  $\delta_{cm} = 0,01 \text{ м}$  – товщина стінки.

Розрахункова площа поверхні теплообміну:

$$F = \frac{Q_{зм}}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{8,115 \cdot 10^4}{887,813 \cdot 39,1} = 2,342 \text{ м}^2.$$

Площа теплообміну, яку є можливість забезпечити:

$$F_m = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot D_3 \cdot z = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,0405 \cdot 0,82 \cdot 13 = 2,711 \text{ м}^2.$$

Мінімальний час нагрівання суміші:

$$\tau_{\min} = \frac{q}{F_m \cdot K \cdot \Delta t_{cp} \cdot 60} = \frac{1,22 \cdot 10^8}{2,711 \cdot 2,57 \cdot 39,1 \cdot 60} = 23,75 \text{ хв.}$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		47

Висновок: за результатами теплового розрахунку приймаємо оболонь із змієвиковими каналами, що забезпечує площу поверхні теплообміну  $2,711 \text{ м}^2$ .

#### 4.1.4 Розрахунок глибини воронки

Мета: розрахувати глибину воронки та перевірити чи вона не дістає до перемішуючого пристрою.

Схема до розрахунку глибини воронки подана на рисунку 4.6.

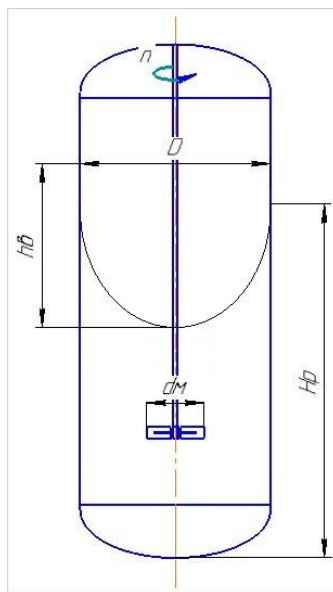


Рисунок 4.6 Схематичне зображення до розрахунку глибини воронки

Вихідні дані:

відцентровий критерій Рейнольдса при перемішуванні $Re_{\text{ц}}$	$6,64 \cdot 10^5$ ;
частота обертання вала мішалки $n$ , $\text{с}^{-1}$	1,66;
діаметр мішалки $d_M$ , м	0,5.

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною у [6, табл. 5].

Глибина воронки:

$$h_b = \frac{Bn^2 d_M^2}{2g} = \frac{5 \cdot 1,66^2 \cdot 0,5^2}{2 \cdot 9,81} = 0,176 \text{ м},$$



де  $B$  – параметр глибини воронки, знаходиться з графіка  $B = f(\psi_1)$  [6, рис. 25],  
 $\psi_1$  – параметр розподілення швидкості з графіка  $\psi_1 = f(E)$  [6, рис. 25].

Параметр гідравлічного опору:

$$E = \frac{\varphi}{\xi_m \cdot z_m \cdot \text{Re}_c^{0,25}} = \frac{0,7}{0,86 \cdot 1 \cdot (6,64 \cdot 10^5)^{0,25}} = 0,029,$$

де  $z_m$  – число мішалок на валу;  $\xi_m$  – коефіцієнт гідравлічного опору [6].

Приймаємо  $\psi_1 = 0,4$ . Звідси  $B = 5$ .

Гранично допустима глибина воронки:

$$h_{np} = H_p - h_m = 1,46 - 0,5 = 0,96 \text{ м},$$

де  $H_p = 1,46$  м – висота рідини в апараті;  $h_m = 0,5$  – висота установки мішалки.

Висновок: Воронка не дістає до самого перемішуючого пристрою, оскільки її глибина менша, ніж гранично допустима.

#### 4.1.5 Розрахунок гідравлічного опору

Мета розрахунку: розрахувати втрати тиску в оболоні.

Вихідні дані:

витрати води $V_b$ , м <sup>3</sup> /с	0,000996;
критерій Рейнольдса, Re	78940;
швидкість води $w_b$ , м/с	0,47;
висота оболоні $H_p$ , м	1,46;
густина води $\rho_2$ , кг/м <sup>3</sup>	972;
внутрішній діаметр оболонки апарата $D_p$ , м	0,82;
товщина стінки корпусу апарата $\delta$ , м	0,01;
внутрішній діаметр апарата $D$ , м	0,8;
кінематична в'язкість $\nu$ , м <sup>2</sup> /с	$0,365 \cdot 10^{-6}$ .

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локвм.	Пілпис	Лат		49

Розрахунок ведемо за методикою викладеною в [6 стр. 21].

Втрата тиску на створення швидкості потоку :

$$\Delta p_{шв} = \frac{w_6^2 \rho_2}{2} = \frac{0,47^2 \cdot 972}{2} = 107,42 \text{ Па.}$$

Коефіцієнт тертя в шорстких трубах:

$$\lambda = \sqrt{-2 \cdot \log \left[ \frac{\varepsilon}{3,7} + \left( \frac{6,81}{\text{Re}} \right)^{0,9} \right]} = \sqrt{-2 \cdot \log \left[ \frac{0,00326}{3,7} + \left( \frac{6,81}{78940} \right)^{0,9} \right]} = 2,432,$$

де  $\varepsilon = \frac{e}{d_{екв}} = \frac{0,0002}{0,061} = 0,00326$  – відносна шорсткість;  $e = 0,0002$  - шорсткість

сталених і зварних труб.

Втрата тиску на прямій ділянці:

$$\Delta p_{пр} = \lambda \cdot \frac{H_p}{d_{екв}} \cdot \frac{w_6^2 \rho_2}{2} = 2,432 \cdot \frac{1,46}{0,061} \cdot \frac{0,47^2 \cdot 972}{2} = 6223 \text{ Па,}$$

де  $d_{екв} = 0,061$  – еквівалентний діаметр, м.

Втрата тиску на тертя в змійовику більше, ніж в прямій трубі, тому:

$$\Delta p_{зм} = \Delta p_{пр} \cdot \psi = 6223 \cdot 1,319 = 8210 \text{ Па,}$$

де  $\psi$  – поправочний коефіцієнт [6, стр. 21].

Втрата тиску на місцеві опори:

$$\Delta p_{мс} = \zeta \cdot \frac{w_6^2 \cdot \rho_2}{2} = 0,084 \cdot \frac{0,47^2 \cdot 972}{2} = 9,023 \text{ Па,}$$

де  $\zeta = 0,084$  – коефіцієнт місцевого опору [6, стр. 495].

Сумарна втрата тиску:

$$\Delta p = \Delta p_{шв} + \Delta p_{зм} + \Delta p_{мс} = 107,42 + 8210 + 9,023 = 8326,443 \text{ Па.}$$

Потужність, яка споживається насосом:

$$N = \frac{V_6 \cdot \Delta p}{1000 \cdot \eta} = \frac{0,000996 \cdot 8326,443}{1000 \cdot 0,6} = 0,014 \text{ кВт.}$$

Висновок: таким чином втрати тиску у оболоні складають 8326,443 Па.

Потужність, яка необхідна для перемішування рідини  $N = 0,014$  кВт.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

#### 4.1.6 Розрахунок штуцерів змішувача

Метою розрахунку є визначення розмірів штуцерів в залежності від швидкості руху теплоносіїв та їх витрат.

Порядок розрахунку розмірів штуцерів та методика проведення даного розрахунку складена згідно [8], і передбачає підрахунок діаметру штуцера.

Вихідні дані:

густина суміші $\rho_c$ , кг/м <sup>3</sup>	1040;
густина води на вході $\rho_1$ , кг/м <sup>3</sup>	999;
густина води на виході $\rho_2$ , кг/м <sup>3</sup>	972;
температура води при вході в оболонку $t_1$ , К	363;
температура води при виході з оболонки $t_2$ , К	343;
витрата води $G_v$ , кг/с	0,968;
робочий об'єм змішувача $V_p$ , м <sup>3</sup>	0,7;
час заповнення змішувача $\tau$ , с	180.

Схема штуцера зображена на рисунку 4.7.

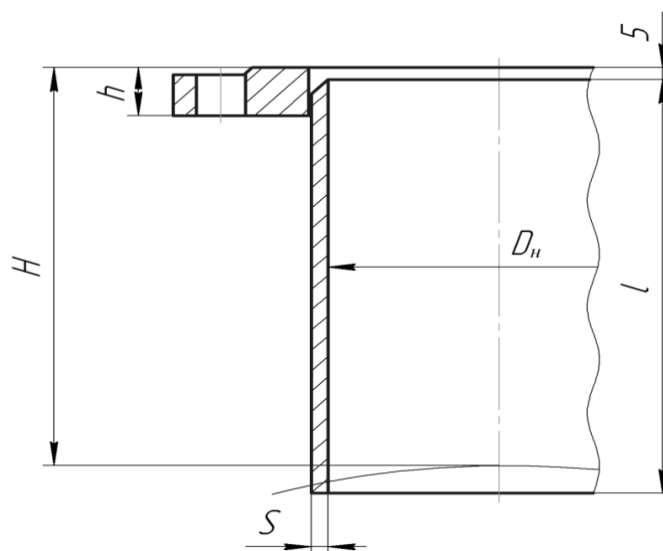


Рисунок 4.7 – Штуцер

Порядок розрахунку:

Діаметр штуцерів визначається за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4G}{\pi w \rho}},$$

де  $G$  – масовий видаток теплоносія;  $\rho$  – густина теплоносія;  $w$  – швидкість руху теплоносія в штуцері.

Приймаємо швидкість руху води в штуцері  $w_1 = 0,5$  м/с, швидкість руху середовища та продукту в штуцері  $w_2 = 1$  м/с.

Тоді діаметр патрубку для входу нагріваючої води становить:

$$d_{\text{вх}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{вх}}}{\pi \cdot \rho_1 \cdot w_1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,968}{3,14 \cdot 999 \cdot 0,5}} = 0,051 \text{ м.}$$

Діаметр патрубку для виходу нагріваючої води становить:

$$d_{\text{вих}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{вих}}}{\pi \cdot \rho_2 \cdot w_1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,968}{3,14 \cdot 972 \cdot 0,5}} = 0,052 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметри для патрубків входу та виходу нагріваючої води згідно з АТК 24.218.06-90:  $d_N = 80$  мм.

Виліт штуцера  $l = 155$  мм.

Визначаємо продуктивність штуцерів для входу розчину:

$$G_{\text{шт}} = \frac{V_p \cdot \rho_c}{\tau} = \frac{0,7 \cdot 1040}{180} = 4,044 \text{ кг/с.}$$

Для входу початкового розчину розрахунковий діаметр штуцера:

$$d_{p1} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{шт}}}{\pi \cdot \rho_c \cdot w_2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,044}{3,14 \cdot 1040 \cdot 1}} = 0,07 \text{ м.}$$

Приймаємо за ОСТ 26-1404-76  $d_N = 80$  мм.

Виліт штуцера  $l = 155$  мм.

З умови вільного витікання рідини за час  $\tau = 90$  с, визначимо необхідну площу перерізу штуцера.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ локум.	Піліпис	Лат		

$$f = \frac{2 \cdot F \cdot \sqrt{H_p}}{\alpha \cdot \tau \cdot \sqrt{2 \cdot g}} = \frac{2 \cdot 0,502 \cdot \sqrt{1,46}}{1 \cdot 90 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} = 0,00306 \text{ м}^2,$$

де  $\alpha = 1$  – коефіцієнт швидкості стиснутого струменя

$F = \pi D^2/4 = 3,14 \cdot 0,8^2/4 = 0,502 \text{ м}^2$  – площа поперечного перетину циліндричної частини апарату.

$H_p = 1,46 \text{ м}$  – висота рідини в апараті.

Для виходу розчину розрахунковий діаметр штуцера визначимо:

$$d_{p2} = \sqrt{\frac{4 \cdot f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00306}{3,14}} = 0,062 \text{ м}.$$

Приймаємо за ОСТ 26-1404-76  $d_N = 80 \text{ мм}$ .

Виліт штуцера  $l = 155 \text{ мм}$ .

Висновок: в результаті проведеного розрахунку були визначені діаметри патрубків штуцерів і визначено їх основні розміри, що забезпечують рекомендовані швидкості потоків.

#### 4.1.7 Розрахунок вала механічного перемішуючого пристрою на вібростійкість

Мета розрахунку: визначення мінімального діаметра вала, при якому виконується умова вібростійкості вала.

Розрахункова схема подана на рисунку 4.8.

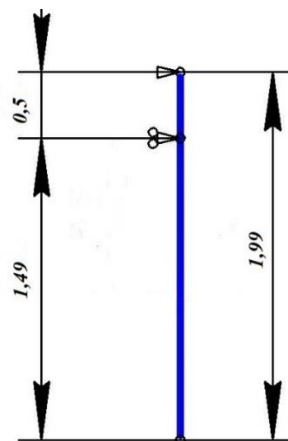


Рисунок 4.8 – Схема вала для перевірного розрахунку

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		53

Вихідні дані:

діаметр вала $d$ , мм	45;
діаметр вала на консолі $d_1$ , мм	40;
довжина вала $L_2$ , м	1,99;
довжина консолі $L_1$ , м	1,49;
довжина прольоту $L$ , м	0,5;
густина матеріалу вала $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	7850;
модуль пружності матеріала вала $E$ , МПа	$2,1 \cdot 10^5$ ;
маса мішалки $m_m$ , кг	9.

Розрахунок наведено в літературі [10, стр. 30].

Визначимо частоту власних коливань  $\omega$  консольного вала. Для цього знайдемо осьовий момент інерції поперечного перерізу вала:

- в прольоті

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,045^4}{64} = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

- на консолі

$$I_1 = \frac{\pi \cdot d_1^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,04^4}{64} = 0,125 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Прогин вала:

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{L \cdot L_1^2}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{L_1^3}{3 \cdot E \cdot I_1} = \\ &= \frac{0,5 \cdot 1,49^2}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}} + \frac{1,49^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,125 \cdot 10^{-6}} = 5,1 \cdot 10^{-5} \text{ м/Н}. \end{aligned}$$

Отже:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{m_m \cdot \delta}} = \sqrt{\frac{1}{9 \cdot 5,1 \cdot 10^{-5}}} = 46,6 \text{ с}^{-1}.$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		54

Критична швидкість обертання:

$$\omega_{KP} = \left(\frac{\alpha}{\tilde{L}}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_l}},$$

де  $\tilde{L}$  - відносна довжина консолі:

$$\tilde{L} = \frac{L_1}{L_2} = \frac{1,49}{1,99} = 0,75 \text{ м},$$

$\alpha$  - корінь частинного рівняння  $\alpha = f(m_{np}, L)$

Відносна приведена маса для консольного вала:

$$\tilde{m}_{np} = \frac{m_{np}}{m_L \cdot L_i},$$

де  $m_{np}$  - сумарна приведена маса деталей на валу;  $m_L$  - лінійна маса вала.

$$m_L = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \rho}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,045^2 \cdot 7850}{4} = 12,5 \text{ кг/м}.$$

$$m_{np} = \sum_{i=1}^{n_d} m_{i \text{ пр}} + \sum_{j=1}^{n_{dj}} m_{1j \text{ пр}},$$

Приведена маса деталей в прольоті:

$$m_{i \text{ пр}} = m_i \cdot y_{li}^2 = 10 \cdot (4,8 \cdot 10^{-3})^2 = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ кг},$$

Приведена маса деталей на консолі:

$$m_{1j \text{ пр}} = m_{1j} \cdot y_{lj}^2 = 9 \cdot 1^2 = 9 \text{ кг},$$

Звідси:

$$m_{np} = 9 + 0,00023 = 9,00023 \text{ кг},$$

$$\tilde{m}_{np} = \frac{m_{np}}{m_L \cdot L} = \frac{9,00023}{12,5 \cdot 0,5} = 1,44.$$

За графіком зображеним на рисунку 4.9 визначаємо  $\alpha = 0,9$

Звідси:

$$\omega_{KP} = \left(\frac{\alpha}{\tilde{L}}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_L}} = \left(\frac{0,9}{0,75}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}}{12,5}} = 83,47 \text{ с}^{-1}.$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		55

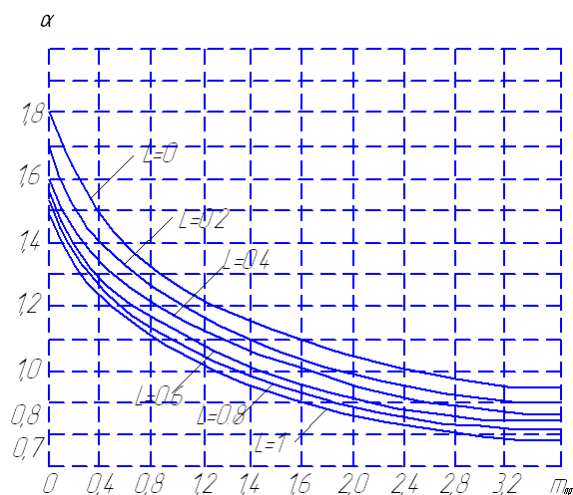


Рисунок 4.9 – Корені частинного рівняння  $\alpha = f(\tilde{m}_{np}, \tilde{L})$  для консольного вала

Умова вібростійкості:

$$\frac{\omega}{\omega_{кр}} \leq 0,7,$$

Умова вібростійкості:

$$\frac{46,6}{83,47} = 0,56 \leq 0,7$$

Отже умова вібростійкості для даного вала виконується і вал працює у до критичній зоні.

Висновок: В ході проведених розрахунків було визначено, що діаметр вала в опірному перерізі, задовольняє умовам вібростійкості.

#### 4.1.8 Розрахунок вала механічного перемішуючого пристрою на міцність

Мета розрахунку: перевірити вал мішалки на міцність.

Вихідні дані:

діаметр вала  $d$ , мм 45;  
довжина консолі  $L_1$ , м 1,49;

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		56



довжина прольоту $L$ , м	0,5;
координата центра ваги мішалки: $l$ , м	0,7;
кутова швидкість обертання вала $\omega$ , м/с	2,62;
потужність, яка затрачається на перемішування: $N$ , Вт	40;
границя витривалості матеріалу: $\sigma_{-1}$ , МПа	252.

Розрахунок наведено в літературі [12, стр. 20].

Визначимо сконцентровану силу, яка діє на мішалку:

$$F = m_m \cdot \omega^2 \cdot A_l = 9 \cdot 2,62^2 \cdot 2,88 \cdot 10^{-3} = 0,18 \text{ кН},$$

де  $A_l$  - сумарне динамічне зміщення перерізу вала в центрі мас мішалки.

Приведена центробіжна сила маси вала, яка обертається:

$$F_{\text{впр}} = m_{\text{впр}} \cdot \omega^2 \cdot A_B = 9 \cdot 2,62^2 \cdot 2,43 \cdot 10^{-3} = 0,15 \text{ кН},$$

де  $m_{\text{впр}} = m_m = 9 \text{ кг}$ ;  $A_B$  - сумарне динамічне зміщення вала в точці приведення.

Знайдемо реакцію опори А:

$$R_A = (F \cdot l + F_{\text{впр}} \cdot L_1) / L = (0,18 \cdot 0,7 + 0,15 \cdot 1,49) / 0,5 = 0,7 \text{ кН}.$$

Знайдемо реакцію опори Б:

$$\begin{aligned} R_B &= [F \cdot (L + l) + F_{\text{впр}} \cdot (L + L_1)] / L = \\ &= [0,18 \cdot (0,5 + 0,7) + 0,15 \cdot (0,5 + 1,49)] / 0,5 = 1,03 \text{ кН}. \end{aligned}$$

Вигинаючий момент в небезпечних по міцності перерізах консолі:

$$M_z = F_{\text{впр}} \cdot (L_1 - z) + F \cdot (l - z) = 0,15 \cdot (1,49 - 0) + 0,18 \cdot (0,7 - 0) = 0,35 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $z = 0$  - координата небезпечного перерізу консолі.

Вигинаючий момент в небезпечних по міцності перерізах консолі:

$$M_{\text{кр}} = \frac{N}{\omega} = \frac{40}{2,62} = 15,27 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору небезпечних по міцності перерізах вала:

$$W_z = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot (0,045)^3}{32} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Еквівалентне напруження в небезпечних по міцності перерізах:

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		57

$$\sigma_z^{III} = W_z^{-1} \cdot \sqrt{M_z^2 + M_{kp}^2} = \frac{\sqrt{0,35^2 + 15,27^2}}{9 \cdot 10^{-6}} = 1,697 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Масштабний фактор:  $\varepsilon_i = f(d) = 0.78$  - визначаємо з графіка [12].

Допустиме напруження на міцність в небезпечних перерізах консолі:

$$[\sigma_z] = \frac{\varepsilon_m \cdot \sigma_{-1}}{k_{\sigma_z} \cdot n_{\min}} = \frac{0,78 \cdot 252 \cdot 10^6}{1,87 \cdot 1,2} = 87,5 \cdot 10^6 \text{ Па,}$$

де  $k_{\sigma_z} = 1,87$  [12] – ефективний коефіцієнт концентрації напружень;

$n_{\min} = 1,2$  - мінімальний запас міцності на витривалість.

Умова міцності:

$$\sigma_z^{III} \leq [\sigma_z]$$

$$1,697 \text{ МПа} \leq 87,5 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Висновок: умова міцності вала механічного перемішуючого пристрою виконується.

#### 4.1.9 Розрахунок вала механічного перемішуючого пристрою на жорсткість

Мета: перевірка умови жорсткості вала механічного перемішуючого пристрою.

Розрахункова схема подана на рисунку 4.8.

Вихідні дані:

довжина консолі  $L_1$ , м 1,49;

довжина прольоту  $L$ , м 0,5;

довжина вала  $L_2$ , м 1,99;

кількість деталей на валу, окрім мішалок  $n_d$  0;

кількість мішалок  $n_m$  1;

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		58

координата центру мас мішалки $l_1$ , м	1,49;
маса мішалки $m_1$ , кг	9;
діаметр вала $d$ , м	0,045;
приведена маса мішалки $m_{1пр}$ , кг	9;
кутова швидкість $\omega$ , $c^{-1}$	2,62;
густина матеріалу вала $\rho$ , $кг/м^3$	7850;
частота обертання вала $n$ , $c^{-1}$	1,66;
модуль пружності матеріала вала $E$ , МПа	$2,1 \cdot 10^5$ ;
початкова увігнутість вала в точці приведення $\varepsilon_B$ , м	$0,6 \cdot 10^{-3}$ ;
допустиме зміщення вала:	

$$[A_i] = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м};$$

$$[A_{z_i}] = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Розрахунок наведено в літературі [11, стр. 33].

Ексцентриситет маси деталі в прольоті та на консолях:

$$e_1 = e_{11} = e_{12} = \frac{10^{-3}}{\sqrt{\omega}} = \frac{10^{-3}}{\sqrt{2,62}} = 6,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

Відносні координати небезпечного перерізу в прольоті та на консолях:

$$\bar{z}_1 = \frac{z_1}{L_1} = \frac{0,5}{1,49} = 0,33.$$

$$\bar{z}_{11} = \frac{z_2}{L_1} = \frac{1,49}{1,49} = 1.$$

Безрозмірний динамічний прогин валу в небезпечному перерізі в прольоті та на консолях:

$$\bar{y}_{\bar{z}_1} = f(\bar{z}_1, \bar{L}) \cdot \bar{L} = 0,015 \cdot 0,33 = 0,00495.$$

$$\bar{y}_{\bar{z}_{11}} = f(\bar{z}_{11}, \bar{L}) = f(1; 0,33) = 1.$$

Відносна координата центра ваги мішалки на консолях:

$$\bar{l}_{11} = \frac{l_{11}}{L_1} = \frac{1,49}{1,49} = 1.$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		59

Безрозмірний динамічний прогин в центрі ваги мішалки:

$$\bar{y}_{l_{11}} = f(\bar{l}_{11}, \bar{L}) = f(1; 0,33) = 1.$$

Приведений ексцентриситет деталі:

$$e_{11_{\text{пр}}} = \frac{e_{11}}{\bar{y}_{l_{11}}} = \frac{6,2 \cdot 10^{-4}}{1} = 6,2 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Маса 1 метра довжини вала:

$$m_L = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \rho}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,045^2 \cdot 7850}{4} = 12,48 \text{ кг.}$$

Приведена маса вала:

$$m'_{B_{\text{пр}}} = 0,5 \cdot m_L \cdot L = 0,5 \cdot 12,48 \cdot 0,6 = 3,744 \text{ кг}$$

$$m''_{B_{\text{пр}}} = 0,5 \cdot m_L \cdot L_1 = 0,5 \cdot 12,48 \cdot 1,49 = 9,29 \text{ кг}$$

Зміщення перерізу вала в точці приведення  $B$ , пов'язано з зазорами в опорах:

$$\Delta_B = \frac{(\Delta_a + \Delta_b)}{2} = \frac{(0,03 \cdot 10^{-3} + 0,037 \cdot 10^{-3})}{2} = 0,0335 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Приведений (до точки  $B$ ) ексцентриситет мас деталей посаджених в прольоті та на консолях:

$$e'_{\text{пр}} = \frac{\sum(m_{i_{\text{пр}}} \cdot e_{i_{\text{пр}}})}{m_{\text{пр}} + m'_{B_{\text{пр}}}} + \Delta_B + \varepsilon_B = \frac{0}{9 + 3,744} + 0,0335 \cdot 10^{-3} + 0,6 \cdot 10^{-3} = 6,335 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$e''_{\text{пр}} = \frac{\sum(m_{ij_{\text{пр}}} \cdot e_{ij_{\text{пр}}})}{m_{\text{пр}} + m'_{B_{\text{пр}}}} + \Delta_B + \varepsilon_B = \frac{9 \cdot 6,2 \cdot 10^{-4}}{9 + 9,29} + 0,0335 \cdot 10^{-3} + 0,6 \cdot 10^{-3} = 9,38 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Сумарний приведений (до точки  $B$ ) ексцентриситет мас деталей посаджених в прольоті та на консолях:

$$e_{\text{пр}} = e'_{\text{пр}} + e''_{\text{пр}} + \Delta_B + \varepsilon_B = 6,335 \cdot 10^{-4} + 9,38 \cdot 10^{-4} + 0,0335 \cdot 10^{-3} + 0,6 \cdot 10^{-3} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Момент інерції перерізу вала:

$$I = \frac{3,14 \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,045^4}{64} = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ локум.	Піліпис	Лат		

Відносна приведена маса деталей:

$$\bar{m}_{\text{пр}} = \frac{m_{\text{пр}}}{(m_L \cdot L_1)} = \frac{9}{(12,48 \cdot 1,49)} = 0,48$$

Корінь частотного рівняння:

$$\alpha_1 = f(\bar{m}_{\text{пр}}, \bar{L}) = f(0,48; 0,33) = 1,8$$

Перша критична кутова швидкість:

$$\omega_{\text{кр1}} = \left( \frac{\alpha_1}{L_1} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_L}} = \left( \frac{1,8}{1,49} \right) \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}}{12,48}} = 70,08 \text{ с}^{-1}.$$

Динамічний прогин вала в точці приведення:

$$y_B = \frac{e_{\text{пр}}}{\left( \frac{\omega_{\text{кр1}}}{\omega} \right)^2 - 1} = \frac{2,2 \cdot 10^{-3}}{\left( \frac{70,08}{2,62} \right)^2 - 1} = 3,08 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Зміщення перерізу вала в точці кріплення мішалки, викликане зазорами в опорах на консолях:

$$\begin{aligned} \Delta_{l_{11}} &= (\Delta_B + \Delta_A) \cdot (\bar{l}_{11} + L) - \Delta_A = \\ &= (0,0335 \cdot 10^{-3} + 0,03 \cdot 10^{-3}) \cdot (1 + 0,5) - 0,03 \cdot 10^{-3} = 6,525 \cdot 10^{-5} \text{ м}. \end{aligned}$$

Зміщення небезпечного перерізу вала, викликане зазорами в опорах в прольоті та на консолях:

$$\begin{aligned} \Delta_{z_1} &= (\Delta_B + \Delta_A) \cdot \bar{z}_1 - \Delta_A = \\ &= (0,0335 \cdot 10^{-3} + 0,03 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,33 - 0,03 \cdot 10^{-3} = -9,045 \cdot 10^{-6} \text{ м} \\ \Delta_{z_{11}} &= (\Delta_B + \Delta_A) \cdot (\bar{z}_{11} + L) - \Delta_A = \\ &= (0,0335 \cdot 10^{-3} + 0,03 \cdot 10^{-3}) \cdot (1 + 0,5) - 0,03 \cdot 10^{-3} = 6,525 \cdot 10^{-5} \text{ м} \end{aligned}$$

Зміщення перерізу вала в точці кріплення мішалки, викликане початковою увігнутістю вала на консолях:

$$\varepsilon_{l_{11}} = \varepsilon_B \cdot \bar{y}_{l_{11}} = 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

Зміщення небезпечного за жорсткістю перерізу вала, викликане початковою увігнутістю в прольоті та на консолях:

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Піліпис	Лат		61

$$\varepsilon_{z_1} = \varepsilon_B \cdot \bar{y}_{z_1} = 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,00495 = 297 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

$$\varepsilon_{z_{11}} = \varepsilon_B \cdot \bar{y}_{z_{11}} = 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Сумарне динамічне зміщення в точці приведення:

$$A_B = y_B + \varepsilon_B + \Delta_B = 3,08 \cdot 10^{-6} + 0,6 \cdot 10^{-3} + 0,0335 \cdot 10^{-3} = 6,36 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Сумарне динамічне зміщення вала в центрі мас мішали на консолі:

$$A_{l_{11}} = y_B \cdot \bar{y}_{l_{11}} + \varepsilon_{l_{11}} + \Delta_{l_{11}} + e_{l_{11}} = 3,08 \cdot 10^{-6} \cdot 1 + 6 \cdot 10^{-4} + 6,525 \cdot 10^{-5} + 6,2 \cdot 10^{-4} = 0,00128 \text{ м.}$$

Сумарне динамічне зміщення вала в небезпечному перерізі в прольоті та на консолі:

$$A_{z_1} = y_B \cdot \bar{y}_{z_1} + \varepsilon_{z_1} + \Delta_{z_1} = 3,08 \cdot 10^{-6} \cdot 0,00495 + 297 \cdot 10^{-4} - 9,045 \cdot 10^{-6} = 0,0012 \text{ м.}$$

$$A_{z_{11}} = y_B \cdot \bar{y}_{z_{11}} + \varepsilon_{z_{11}} + \Delta_{z_{11}} = 3,08 \cdot 10^{-6} \cdot 1 + 6 \cdot 10^{-4} + 6,525 \cdot 10^{-5} = 6,683 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Умови жорсткості, м:

$$A_{l_{11}} \leq [A_{l_{11}}]$$

$$0,00128 \leq 1 \cdot 10^{-2}$$

$$A_{z_1} \leq [A_{z_1}]$$

$$0,0012 \leq 2,5 \cdot 10^{-3}$$

$$A_{z_{11}} \leq [A_{z_{11}}]$$

$$6,683 \cdot 10^{-4} \leq 2,5 \cdot 10^{-3}$$

Отже умови жорсткості виконуються.

Висновок: В ході розрахунків визначено, що умови жорсткості даного валу виконується. Отже вал діаметром 45 мм забезпечує умовам жорсткості.

#### 4.1.10 Розрахунок циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім тиском, осьюовою стискаючою силою, та згинаючим моментом

Метою розрахунку є визначення мінімальної допустимої товщини стінки корпусу апарата, яка задовольняє умові міцності та стійкості обичайки, знайти

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		62

допустимий тиск, допустиму осьову стискаючу силу та допустимий згинаючий момент.

Розрахункова схема показана на рисунку 4.10.

Вихідні дані:

коефіцієнт запасу стійкості $n_y$	2,4;
коефіцієнт запасу міцності $n_t$	1,5;
внутрішній діаметр апарата $D$ , м	0,8;
розрахунковий тиск $p_n$ , МПа	0,6;
модуль пружності матеріалу обичайки $E$ , МПа	$1,98 \cdot 10^5$ ;
осьова стискаюча сила $F$ , МН	0;
вигинаючий момент $M$ , кН·м	0;
довжина циліндричної обичайки $L$ , м	1,46;
межа плинності матеріалу обичайки $\sigma_t$ , МПа	205;
прибавка до розрахункової товщини стінки:	
прибавка, яка враховує корозію $C_1$ , м	0,0005;
технологічна прибавка $C_2$ , м	0,0008.

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною у літературі [3].

Знайдемо допустиме напруження:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_t}{n_t} = \frac{205}{1,5} = 136,67 \text{ МПа.}$$

Визначення коефіцієнтів:

$$k_1 = \frac{n_y \cdot p_n}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot E} = \frac{2,4 \cdot 0,6}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,98 \cdot 10^5} = 3,03;$$

$$k_3 = \frac{L}{D} = \frac{1,46}{0,8} = 1,825.$$

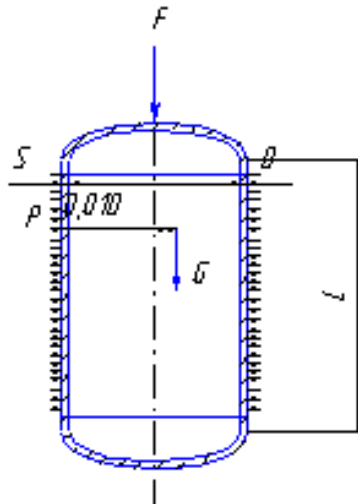


Рисунок 4.10 - Розрахункова схема обичайки навантаженою осьовою стискаючою силою, зовнішнім тиском, та вигинаючим моментом

За [3], рисунок 5, знаходимо коефіцієнт  $k_2$ :  $k_2=0,6$ .

Визначаємо розрахункову товщину стінки змішувача:

$$S_R = \max \left\{ k_2 \cdot D \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 \cdot p_n \cdot D}{2 \cdot [\sigma]} \right\} = \max \left\{ 0,6 \cdot 0,8 \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 \cdot 0,6 \cdot 0,8}{2 \cdot 136,67} \right\} = \\ = \max \{0,0048; 0,001932\} = 0,0048 \text{ м.}$$

Товщина стінки з урахуванням суми прибавок до розрахункової товщини стінки:

$$S = S_R + C = 0,0048 + 0,0013 = 0,0061 \text{ м.}$$

Товщину стінки приймаємо  $S = 10 \text{ мм}$ .

Допустимий тиск з умов міцності:

$$[P]_n = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 136,67 \cdot (0,01 - 0,0013)}{2 + 0,01 - 0,0013} = 1,184 \text{ МПа.}$$

Допустимий тиск з умови стійкості:

$$[P]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot E \cdot D}{n_y \cdot B_1 \cdot L} \left[ \frac{100(S - C)}{D} \right]^{2,5} = \\ = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1,98 \cdot 10^5 \cdot 0,8}{2,4 \cdot 1 \cdot 1,46} \left[ \frac{100(0,01 - 0,0013)}{0,8} \right]^{2,5} = 1,16 \text{ МПа,}$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		64



де

$$B_1 = \min \left\{ 1, 0,9,45 \frac{D}{L} \sqrt{\frac{D}{100(S-C)}} \right\} =$$

$$= \min \left\{ 1, 0,9,45 \cdot \frac{0,8}{1,46} \sqrt{\frac{0,8}{100(0,01-0,0013)}} \right\} = \min \{1, 0,4,965\} = 1.$$

Визначаємо допустимий тиск:

$$[P] = \frac{[P]_n}{\sqrt{1 + \left( \frac{[P]_n}{[P]_E} \right)^2}} = \frac{1,184}{\sqrt{1 + \left( \frac{1,184}{1,16} \right)^2}} = 0,829 \text{ МПа.}$$

Перевірка умови стійкості обичайки:

$$\frac{P}{[P]} \leq 1;$$

$$\frac{0,6}{0,829} = 0,724 < 1.$$

Отже, умова стійкості виконується.

Висновки: розрахункова товщина стінки оболонки, яка задовольняє умовам міцності при дії зовнішнього тиску дорівнює  $S_p = 10$  мм.

#### 4.1.11 Розрахунок еліптичного днища та еліптичної кришки

Метою розрахунку є знайти товщину стінки еліптичного днища.

Схема до розрахунку подана на рисунку 4.11.

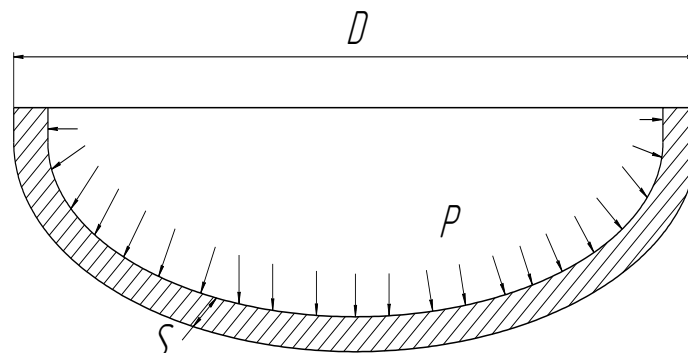


Рисунок 4.11 – Розрахункова схема еліптичного днища, навантаженого внутрішнім тиском

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		65

Вихідні дані:

внутрішній діаметр апарата $D$ , м	0,8;
межа плинності матеріалу $\sigma_t$ , МПа	205;
коефіцієнт запасу міцності $n_t$	1,5;
коефіцієнт міцності зварного шва $\varphi$	0,9;
розрахунковий тиск $P$ , МПа	0,1;
сума прибавок до розрахункової товщини стінки $C$ , м	0,0013.

Розрахунок ведемо по методиці, наведеною в літературі [3].

Допустиме напруження матеріалу:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_t}{n_t} = \frac{205}{1,5} = 136,67 \text{ МПа}.$$

Розрахункова товщина стінки еліптичного днища:

$$S_R = \frac{P \cdot R}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot P} = \frac{0,1 \cdot 0,8}{2 \cdot 0,9 \cdot 136,67 - 0,5 \cdot 0,1} = 0,000325 \text{ м}$$

Товщина стінки з урахуванням суми прибавок до розрахункової товщини стінки:

$$S = S_R + C = 0,000325 + 0,0013 = 0,001625 \text{ м}$$

Товщину стінки приймаємо з конструктивних міркувань:  $S = 10 \text{ мм}$ .

Допустимий внутрішній тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot \varphi \cdot (S - C) \cdot [\sigma]}{R + 0,5 \cdot (S - C)} = \frac{2 \cdot 0,9 \cdot (0,01 - 0,0013) \cdot 180 \cdot 10^6}{0,4 + 0,5 \cdot (0,01 - 0,0013)} = 6,9 \text{ МПа}$$

Перевірка міцності:

$$P < [P]$$

$$0,1 < 6,9$$

Умова міцності виконується.

Висновок: Товщина стінки еліптичного днища оболоні дорівнює  $S = 10 \text{ мм}$ , при якій задовольняється умова міцності.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		66

## 4.2 Розрахунок теплообмінника

Мета: визначення основних конструктивних та енергетичних показників теплообмінника, призначеного для отримання миючих засобів.

### 4.2.1 Розрахунок поверхні теплообміну

Метою розрахунку є визначення необхідної площі теплообміну та вибір нормалізованої конструкції апарата, яка оптимально задовольняє заданим технологічним умовам та конструктивні розміри кожухотрубного теплообмінника.

Вихідні дані:

Температура суміші на вході $t_{11}$ , °C	65;
Температура суміші на виході $t_{12}$ , °C	20;
Температура води на вході $t_{21}$ , °C	35;
Температура води на виході $t_{22}$ , °C	15;
Продуктивність суміші $G_1$ , кг/с	0,055.

Схема теплообмінника зображена на рисунку 4.12.

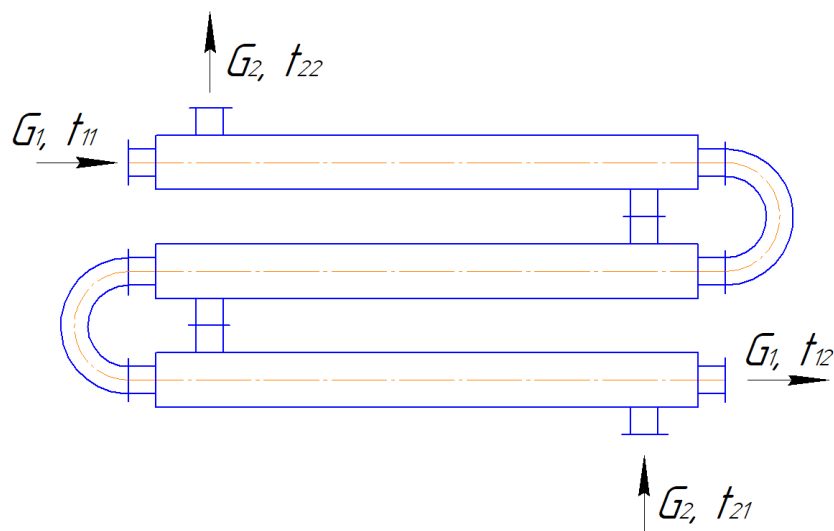


Рисунок 4.12 – Схема теплообмінника

На рисунку 4.13 зображено схему температурного режиму.

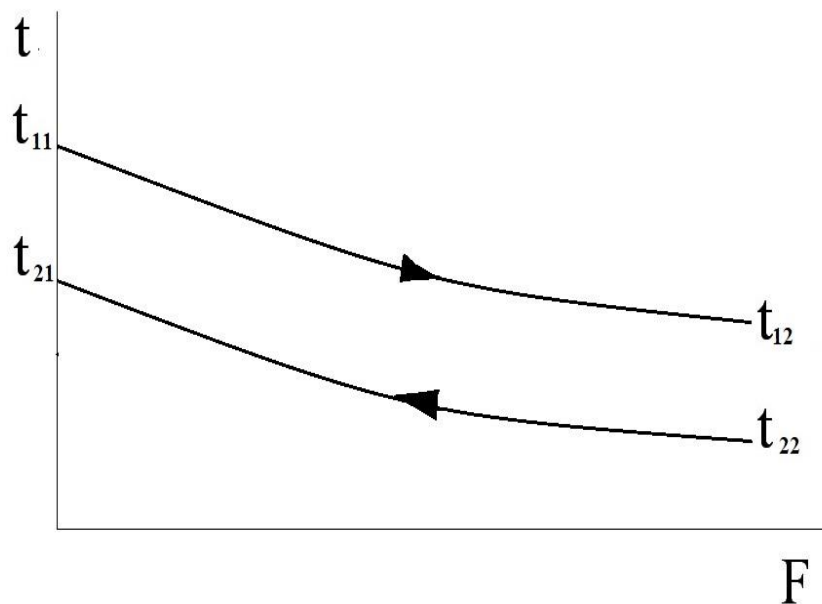


Рисунок 4.13 – Схема температурного режиму

Розрахунок буде проводитися за алгоритмом, запропонованим авторами [10].

Визначення орієнтовної поверхні теплообміну:

Більшу різницю температур на кінцях теплообмінника (між холодним та гарячим теплоносієм) визначають по формулі:

$$\Delta t_B = t_{11} - t_{21} = 65 - 35 = 30 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначаємо меншу різницю температур на кінцях теплообмінника (між холодним та гарячим теплоносієм):

$$\Delta t_M = t_{12} - t_{22} = 20 - 15 = 5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначаємо середню різницю температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}} = \frac{30 - 5}{\ln \frac{30}{5}} = 13,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначаємо середню температуру води:

$$t_{cp2} = \frac{t_{21} + t_{22}}{2} = \frac{35 + 15}{2} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначаємо середню температуру суміші:

$$t_{cp1} = t_{cp1} + \Delta t_{cp} = 25 + 13,9 = 38,9 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Теплофізичні властивості суміші при середній температурі  $t_1 = 38,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$\mu_1$  - коефіцієнт динамічної в'язкості суміші,  $\mu_1 = 0,73 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ;

$\rho_1$  - густина суміші,  $\rho_1 = 1030 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$\lambda_1$  - коефіцієнт теплопровідності суміші,  $\lambda_1 = 0,62 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})}$ ;

$C_1$  - теплоємність суміші,  $C_1 = 3650 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$ ;

$Pr_1$  - критерій Прандтля,  $Pr_1 = 4,31$ .

Теплофізичні властивості води при середній температурі  $t_2 = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$  за таблицею XXIX [10]:

$\mu_2$  - коефіцієнт динамічної в'язкості води,  $\mu_2 = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ;

$\rho_2$  - густина води,  $\rho_2 = 997 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$\lambda_2$  - коефіцієнт теплопровідності води,  $\lambda_2 = 0,61 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ;

$C_2$  - теплоємність води,  $C_2 = 4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ ;

$Pr_2$  - критерій Прандтля води,  $Pr_2 = 6,22$ .

Визначаємо теплове навантаження, яке віддає суміш при охолодженні:

$$Q = 1,05 \cdot G_1 \cdot C_1 \cdot (t_{11} - t_{12}) = 1,05 \cdot 0,055 \cdot 3650 \cdot (65 - 20) = 9539 \text{ Вт}.$$

Визначаємо масові витрати води:

$$G_2 = \frac{Q}{C_2 \cdot (t_{21} - t_{22})} = \frac{9539}{4190 \cdot (35 - 15)} = 0,114 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Визначаємо об'ємні витрати суміші:

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1} = \frac{0,055}{1030} = 0,000054 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Визначаємо об'ємні витрати води:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{0,114}{997} = 0,0001142 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Орієнтовно визначаємо потрібну площу теплообміну з основного рівняння теплопередачі, попередньо задавшись значенням коефіцієнта теплопередачі  $K' = 120 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$ :

$$Q = K \cdot F' \cdot \Delta t_{cp}.$$

З формули отримуємо:

$$F' = \frac{Q}{K' \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{9539}{120 \cdot 14} = 5,7 \text{ м}^2.$$

Проведемо уточнюючий розрахунок для теплообмінника з такими параметрами: діаметр кожуха  $D = 76$  мм, діаметр труб  $d = 16 \times 1,5$  мм, довжина труб  $L = 2$  м, кількість труб  $n = 7$ , поверхня теплообміну  $F = 2,8 \text{ м}^2$ .

Далі ведемо перевірочний розрахунок обраного теплообмінника.

Визначення швидкості і критерію Рейнольдса для суміші в трубному просторі:

Визначаємо площу поперечного перерізу трубного простору:

$$f_{тр} = \frac{\pi \cdot d_{внутр}^2}{4} \cdot n = \frac{3,14 \cdot 0,013^2}{4} \cdot 7 = 0,00093 \text{ м}^2,$$

де  $d_{внутр} = 0,013 \text{ м}$  - внутрішній діаметр труб.

Визначаємо швидкість суміші в трубах:

$$W_1 = \frac{V_1}{f_{тр}} = \frac{0,000054}{0,00093} = 0,058 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Розрахуємо критерій Рейнольдса для суміші:

$$\text{Re}_1 = \frac{W_1 \cdot d_{внутр} \cdot \rho_1}{\mu_1} = \frac{0,058 \cdot 0,013 \cdot 1030}{0,73 \cdot 10^{-3}} = 1061.$$

$\text{Re}_1 < 2300$ , отже рух суміші по трубному простору ламінарний.

Теплофізичні властивості суміші за температури стінки труби  $t_{ст} = 30$  °С визначимо з [10]:

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ локвм.	Пілпис	Лат		

$\mu_{lcm}$  - коефіцієнт динамічної в'язкості суміші,  $\mu_{lcm} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$  ;

$\rho_{lcm}$  - густина суміші,  $\rho_{lcm} = 1015 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  ;

$\lambda_{lcm}$  - коефіцієнт теплопровідності суміші,  $\lambda_{lcm} = 0,66 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})}$  ;

$C_{lcm}$  - теплоємність суміші,  $C_{lcm} = 3690 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$  .

Критерій Прандтля для суміші при температурі стінки:

$$\text{Pr}_{lcm} = \frac{\mu_{lcm} \cdot C_{lcm}}{\lambda_{lcm}} = \frac{0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 3690}{0,66} = 4,473.$$

Визначимо критерій Грасгофа:

$$\begin{aligned} Gr &= g \cdot d_{\text{внутр}}^3 \cdot \left( \frac{\rho_{lcm}}{\mu_{lcm}} \right)^2 \cdot \beta \cdot \Delta t = \\ &= 9,81 \cdot 0,013^3 \cdot \left( \frac{1015}{0,8 \cdot 10^{-3}} \right)^2 \cdot 0,00081 \cdot 9 = 7,237 \cdot 10^5, \end{aligned}$$

де  $g = 9,81 \text{ м}^2/\text{с}$  – прискорення вільного падіння;  $\beta = 0,00081 \text{ К}^{-1}$  – коефіцієнт об'ємного розширення;  $\Delta t = 9 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Перевіряємо умову  $Gr \cdot \text{Pr}_1 > 5 \cdot 10^5$

$$Gr \cdot \text{Pr}_1 = 7,237 \cdot 10^5 \cdot 4,31 = 3,119 \cdot 10^6.$$

Отже, уточнюємо критерій Нусельта:

$$\begin{aligned} Nu_1 &= 0,15 \cdot (\text{Re}_1 \cdot \text{Pr}_1)^{0,33} \cdot (Gr \cdot \text{Pr}_1)^{0,1} \cdot \left( \frac{\text{Pr}_1}{\text{Pr}_{lcm}} \right)^{0,25} = \\ &= 0,15 \cdot (1061 \cdot 4,31)^{0,33} \cdot (7,237 \cdot 10^5 \cdot 4,31)^{0,1} \cdot \left( \frac{4,31}{4,473} \right)^{0,25} = 12,219. \end{aligned}$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі суміші:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{\text{внутр}}} = \frac{12,219 \cdot 0,62}{0,013} = 582,75 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}.$$

Визначення швидкості і критерію Рейнольдса для води в міжтрубному просторі.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Визначаємо площу поперечного перерізу міжтрубного простору:

$$f_{\text{мт}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{внутр}}^2 - n \cdot d^2) = \frac{3,14}{4} \cdot (0,073^2 - 7 \cdot 0,016^2) = 0,0031 \text{ м}^2,$$

де  $D_{\text{внутр}} = 0,073 \text{ м}$  - внутрішній діаметр апарата;  $d = 0,016 \text{ м}$  - зовнішній діаметр труб.

Визначаємо швидкість води:

$$W_2 = \frac{V_2}{f_{\text{мт}}} = \frac{0,0001142}{0,0031} = 0,037 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Розрахуємо критерію Рейнольдса для води:

$$\text{Re}_2 = \frac{W_2 \cdot d \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,037 \cdot 0,016 \cdot 997}{0,9 \cdot 10^{-3}} = 647,058.$$

Режим руху суміші в міжтрубному просторі ламінарний ( $\text{Re}_2 < 1000$ ), тому формула визначення критерія Нусельта має наступний вид:

$$\begin{aligned} Nu_2 &= 0,66 \cdot \text{Re}_2^{0,5} \cdot \text{Pr}_2^{0,33} \cdot \left( \frac{\text{Pr}_2}{\text{Pr}_{\text{ст}}} \right)^{0,25} = \\ &= 0,66 \cdot 647,058^{0,5} \cdot 6,22^{0,33} \cdot \left( \frac{6,22}{6} \right)^{0,25} = 30,965. \end{aligned}$$

де  $\text{Pr}_{\text{ст}} = 6$  - критерій Прандтля для стінки;  $\left( \frac{\text{Pr}_2}{\text{Pr}_{\text{ст}}} \right)^{0,25}$  - поправка Міхеєва, що враховує напрям теплового потоку.

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі води:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d} = \frac{30,965 \cdot 0,62}{0,016} = 1181 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}}} = \frac{1}{\frac{1}{582,75} + \frac{1}{1181} + \frac{0,0015}{17}} = 377,175 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

де  $\delta_{\text{ст}} = 0,0015 \text{ м}$  - товщина стінки трубки;  $\lambda_{\text{ст}} = 17 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  - теплопровідність сталі.



Необхідна площа теплообміну:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{9539}{377,175 \cdot 14} = 1,82 \text{ м}^2.$$

Площа теплообміну, яку є можливість забезпечити:

$$F_m = \pi \cdot d \cdot n \cdot L = 3,14 \cdot 0,016 \cdot 7 \cdot 2 = 0,703 \text{ м}^2.$$

Визначимо кількість теплообмінників, які необхідно встановити для забезпечення необхідної площі теплообміну:

$$n_m = \frac{F}{F_m} = \frac{1,82}{0,703} = 2,6.$$

Приймаємо кількість теплообмінників 3 шт.

При цьому запас:

$$\Delta = \frac{3 \cdot F_m - F}{3 \cdot F_m} \cdot 100\% = \frac{3 \cdot 0,703 - 1,82}{3 \cdot 0,703} \cdot 100\% = 13,8\%.$$

Знайдемо питомий тепловий потік:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{9539}{1,82} = 5241,209 \text{ Вт/м}^2.$$

Різниця температур на поверхні стінки з боку суміші:

$$\Delta t_1 = \frac{q}{\alpha_1} = \frac{5241,209}{582,75} = 8,994 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Різниця температур на поверхні стінки з боку води:

$$\Delta t_2 = \frac{q}{\alpha_2} = \frac{5241,209}{1181} = 4,438 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Різниця температур стінки:

$$\Delta t_{cm} = q \cdot \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} = 5241,209 \cdot \frac{0,0015}{17} = 0,462 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Перевіряємо значення середньої різниці температур:

$$\Delta t_{cp} = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_{cm} = 8,994 + 4,438 + 0,462 = 13,89 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Середня різниця температур була визначена правильно.

Визначимо температуру стінки з боку суміші:

$$t_{cm1} = t_{cp1} - \Delta t_1 = 38,9 - 8,994 = 29,906 \text{ }^\circ\text{C}.$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		73

Визначимо температуру стінки з боку води:

$$t_{cm2} = t_{cp2} + \Delta t_2 = 25 + 4,438 = 29,438 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Оскільки температура стінки з боку суміші менша за середню температуру суміші ( $t_{cm1} = 29,906^\circ\text{C} < t_{cp1} = 38,9^\circ\text{C}$ ) та температура стінки з боку води більша за середню температуру води ( $t_{cm2} = 29,438^\circ\text{C} > t_{cp2} = 25^\circ\text{C}$ ), значення критеріїв Прандтля при температурах стінки були визначені правильно.

Висновок: В результаті розрахунку визначена площа поверхні теплообміну  $F = 1,82\text{ м}^2$  та довжина труб  $L = 2,0$  м. За цими даними обираємо теплообмінник: горизонтальний діаметром  $D_{зовн} = 0,079$  м, умовним тиском в кожусі  $P = 0,1$  МПа і трубах  $P = 0,6$  МПа. Поверхня теплообміну теплообмінника  $F_m = 1,82\text{ м}^2$ , що забезпечує запас поверхні теплообміну.

#### 4.2.2 Розрахунок штуцерів

Метою розрахунку є визначення параметрів штуцерів та швидкості теплоносіїв у патрубках. Розрахунок проводимо згідно методики [1].

Схема штуцера наведена на рисунку 4.14.

Вхідні дані:

витрати суміші $G_1$ , кг/с	0,055;
витрати води $G_2$ , кг/с	0,1142;
густина суміші $\rho_1$ , кг/м <sup>3</sup>	1030;
густина води $\rho_2$ , кг/м <sup>3</sup>	997.

Розрахунок здійснюємо за методикою викладеною в [4].

Для розрахунку діаметрів штуцерів приймаємо значення для швидкостей потоку із рекомендованого діапазону для рідини [1].

Приймаємо для розрахунку швидкості:

- суміші  $\omega_1 = 0,7$  м/с;

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ локвм.	Пілпис	Лат		

- води  $\omega_2 = 0,9$  м/с.

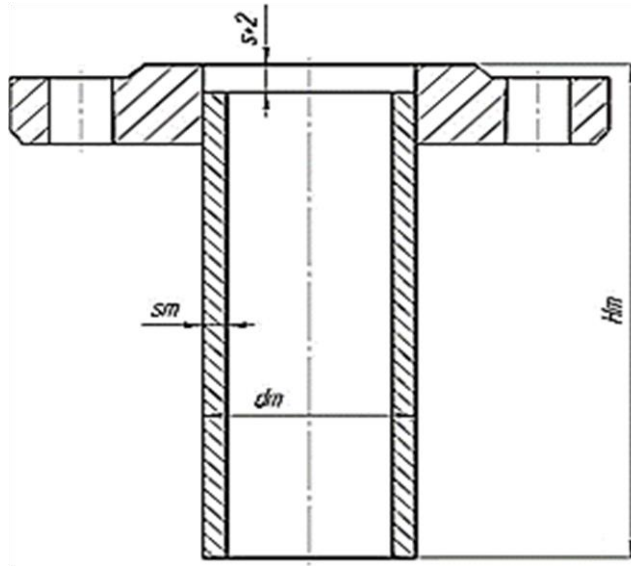


Рисунок 4.14 – Схема штуцера

Тоді діаметр патрубків для входу і виходу суміші:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4G_1}{\pi\rho_1\omega_1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,055}{3,14 \cdot 1030 \cdot 0,7}} = 0,009 \text{ м};$$

Стандартні величини приймаємо згідно з ОСТ 26-1404-76.

Приймаємо  $d_1=0,02$  м,  $d_T = 0,025$  м, виліт штуцера  $H_T = 0,155$  м,  $S_T=0,003$  м – товщина стінки труби штуцера.

Для входу та виходу води:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4G_2}{\pi\rho_2\omega_2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1142}{3,14 \cdot 997 \cdot 0,9}} = 0,013 \text{ м};$$

Приймаємо  $d_2=0,02$  м,  $d_T = 0,025$  м, виліт штуцера  $H_T = 0,155$  м,  $S_T=0,003$  м – товщина стінки труби штуцера.

Уточнюємо швидкість в штуцерах:

$$w_{1ш} = \frac{4 \cdot G_1}{\pi \cdot \rho_1 \cdot d_B^2} = \frac{4 \cdot 0,055}{3,14 \cdot 1030 \cdot 0,019^2} = 0,434 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$w_{2ш} = \frac{4 \cdot G_2}{\pi \cdot \rho_2 \cdot d_B^2} = \frac{4 \cdot 0,1142}{3,14 \cdot 997 \cdot 0,019^2} = 0,636 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

де  $d_b = d_t - 2 \cdot S_t = 0,025 - 2 \cdot 0,003 = 0,019$  м – внутрішній діаметр труби штуцера.

Висновок: в результаті проведеного розрахунку були визначені діаметри патрубків штуцерів і визначено їх основні розміри, що забезпечують рекомендовані швидкості потоків.

#### 4.2.3 Гідравлічний розрахунок

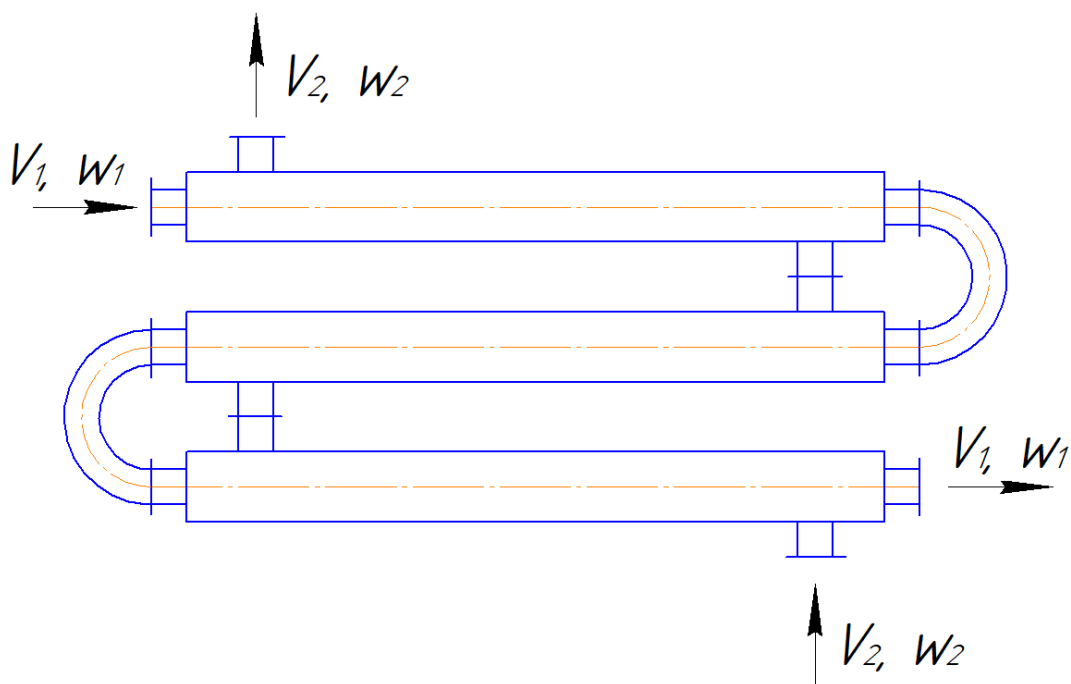
Мета розрахунку: визначити гідравлічний опір руху суміші в трубному просторі, та визначити затрати потужності, що йдуть на подолання гідравлічного опору.

Вихідні дані:

об'ємні витрати суміші $V_1$ , м <sup>3</sup> /с	0,054 · 10 <sup>-3</sup> ;
об'ємні витрати води $V_2$ , м <sup>3</sup> /с	0,1142 · 10 <sup>-3</sup> ;
швидкість суміші $w_1$ , м/с	0,058;
швидкість води $w_2$ , м/с	0,037;
густина суміші $\rho_1$ , кг/м <sup>3</sup>	1030;
густина води $\rho_2$ , кг/м <sup>3</sup>	997;
критерій Рейнольдса в трубному просторі $Re_1$	1061;
критерій Рейнольдса в міжтрубному просторі $Re_2$	647,058;
швидкість води в штуцері $w_{2ш}$ , м/с	0,636;
довжина труб $L$ , м	2;
внутрішній діаметр теплообмінних труб $d$ , м	0,013.

Розрахунок проводимо згідно методики [17, стр. 60].

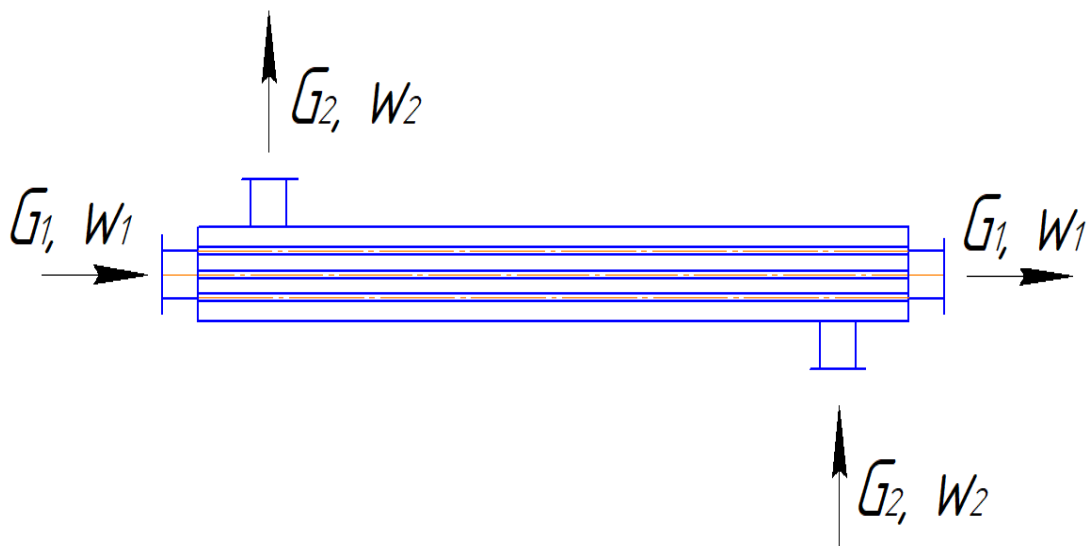
Розрахункова схема наведена на рисунку 4.15.



$V_1$  - об'ємні витрати суміші;  $V_2$  - об'ємні витрати води;  
 $w_1$  - швидкість суміші;  $w_2$  - швидкість води

Рисунок 4.15 – Схема теплообмінника для гідравлічного розрахунку

На рисунку 4.16 зображена схема секції теплообмінника.



$V_1$  - об'ємні витрати суміші;  $V_2$  - об'ємні витрати води;  
 $w_1$  - швидкість суміші;  $w_2$  - швидкість води

Рисунок 4.16 – Схема секції теплообмінника

Для розрахунку затрат тиску на створення швидкості потоку на виході, втрат тиску на подолання опору тертя та на подолання місцевих втрат (при зміні траєкторії руху речовини).

Загальна формула для визначення різниці тиску трубного простору:

$$\Delta p_1 = \Delta p_{\text{ск}} + \Delta p_{\text{трб}} + \Delta p_{\text{мс}} + \Delta p_{\text{під}} + \Delta p_{\text{доп}}.$$

Затрата тиску на підйом рідини та різниця тисків в просторі нагнітання дорівнюють нулю.

Отже, формула має вигляд:

$$\Delta p_1 = \Delta p_{\text{ск}} + \Delta p_{\text{трб}} + \Delta p_{\text{мс}}.$$

Визначимо складові суми цього рівняння:

Затрата тиску на створення швидкості потоку:

$$\Delta p_{\text{ск}} = \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2} = \frac{1030 \cdot 0,058^2}{2} = 1,732 \text{ Па.}$$

Розраховуємо коефіцієнт тертя для трубного простору при ламінарному режимі ( $Re_1 = 1061 < 2300$ ):

$$\lambda_1 = \frac{64}{Re_1} = \frac{64}{1061} = 0,0603.$$

Втрата тиску на тертя в прямих трубах і каналах:

$$\Delta p_{\text{трб}} = \lambda_1 \cdot \frac{L}{d_e} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2} = 0,0603 \cdot \frac{2}{0,013} \cdot \frac{1030 \cdot 0,058^2}{2} = 16,072 \text{ Па,}$$

де  $d_e$  – еквівалентний діаметр, м;  $L$  – довжина труби, м.

Коефіцієнти місцевих опорів потоку, який рухається по трубному простору [10]:

$$\zeta_1 = 1,5 \text{ – вхідна камера;}$$

$$\zeta_2 = 1,5 \text{ – вихідна камера;}$$

$$\zeta_3 = 1,0 \text{ – вхід в трубний простір;}$$

$$\zeta_4 = 1,0 \text{ – вихід із трубного простору;}$$

$$\zeta_5 = 2,5 \text{ – поворот на } 180^\circ \text{ між секціями.}$$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів потоку, який рухається по трубному простору:

$$\sum \zeta_{\text{тр1}} = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4 + \zeta_5 = 1,5 + 1,5 + 1,0 + 1,0 + 2,5 = 7,5.$$

Втрати тиску на місцеві опори:

$$\Delta p_{\text{мс}} = \sum \zeta_{\text{тр1}} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2} = 7,5 \cdot \frac{1030 \cdot 0,058^2}{2} = 12,993 \text{ Па.}$$

Звідси середня різниця тисків дорівнює:

$$\Delta p_1 = \Delta p_{\text{ск}} + \Delta p_{\text{трб}} + \Delta p_{\text{мс}} = 1,732 + 16,072 + 12,993 = 30,797 \text{ Па.}$$

Оскільки було прийнято загальну кількість теплообмінників 3 шт, то гідравлічний опір трубного простору дорівнюватиме:

$$\Delta p_{\text{тр}} = 3 \cdot \Delta p_1 = 3 \cdot 30,797 = 92,391 \text{ Па.}$$

Потужність, що затрачається :

$$N_{\text{тр}} = V_1 \cdot \Delta p_{\text{тр}} = 0,054 \cdot 92,391 = 4,989 \text{ Вт.}$$

Розраховуємо коефіцієнт тертя для міжтрубного простору при ламінарному режимі ( $Re_2 = 647,058 < 2300$ ) :

$$\lambda_2 = \frac{64}{Re_2} = \frac{64}{647,058} = 0,099.$$

Коефіцієнт місцевих опорів потоку, який рухається по міжтрубному простору [10]:

$\zeta_1 = 1,5$  – вхід в міжтрубний простір;

$\zeta_2 = 1,5$  – вихід із міжтрубного простору;

$\zeta_3 = 1,0$  – поворот на  $90^\circ$  при вході;

$\zeta_4 = 1,0$  – поворот на  $90^\circ$  при виході.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів потоку, який рухається по трубному простору:

$$\sum \zeta_{\text{мтр2}} = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4 = 1,5 + 1,5 + 1,0 + 1,0 = 5.$$

Визначаємо гідравлічний опір міжтрубного простору:

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		79

$$\Delta p_2 = \lambda_2 \cdot \frac{L}{\text{Re}_2^{0,2}} \cdot \frac{w_2^2 \cdot \rho_2}{2} + \sum \zeta_{\text{мтр}2} \cdot \frac{w_{2\text{м}}^2 \cdot \rho_2}{2} =$$

$$= 0,099 \cdot \frac{2}{647,058^{0,2}} \cdot \frac{0,037^2 \cdot 997}{2} + 5 \cdot \frac{0,636^2 \cdot 997}{2} = 1008 \text{ Па.}$$

Гідравлічний опір міжтрубного простору для 3-х теплообмінників дорівнюватиме:

$$\Delta p_{\text{мтр}} = 3 \cdot \Delta p_2 = 3 \cdot 1008 = 3024 \text{ Па.}$$

Потужність, що затрачається :

$$N_{\text{мтр}} = V_2 \cdot \Delta p_{\text{мтр}} = 0,1142 \cdot 3024 = 345,341 \text{ Вт.}$$

Висновки: в даному розрахунку визначили гідравлічний опір трубного простору  $\Delta p_{\text{тр}} = 92,391 \text{ Па}$  і міжтрубного простору  $\Delta p_{\text{мтр}} = 3024 \text{ Па}$  теплообмінника. Витрати потужності на переміщення суміші в трубному просторі складають  $N_{\text{тр}} = 4,989 \text{ Вт}$ . На переміщення води в міжтрубному просторі теплообмінника  $N_{\text{мтр}} = 345,341 \text{ Вт}$ .

#### 4.2.4 Розрахунок товщини стінки апарата під дією внутрішнього тиску

Метою розрахунку є визначення товщини стінки обичайки, що знаходиться під дією внутрішнього тиску, із урахуванням додатків на корозію та перевірка її на міцність.

Вихідні дані для розрахунку:

Тиск всередині обичайки $P$ , МПа	0,6;
Діаметр апарата $D$ , м	0,079;
Температура стінки корпусу $T$ , (°C)	27,5.

Розрахункова схема циліндричної обичайки наведена на рисунку 4.17.



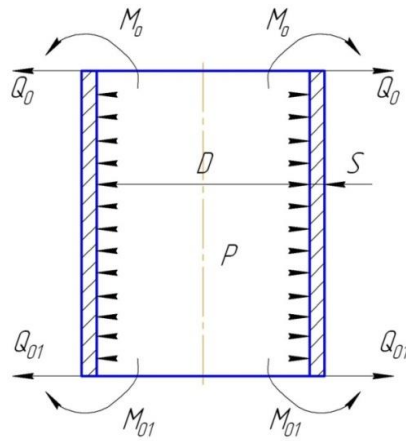


Рисунок 4.17 – Розрахункова схема циліндричної обичайки, навантаженої внутрішнім тиском

Розрахунок проведено за методикою [4].

Допустиме напруження матеріалу при 27,5 °C  $[\sigma] = 146$  МПа.

Матеріал корпусу ст.20 ГОСТ 1050-88.

Розрахункова товщина стінки обичайки становить:

$$S_R = \frac{PD}{2[\sigma]\varphi - P} = \frac{0,6 \cdot 0,079}{2 \cdot 146 \cdot 0,9 - 0,6} = 0,000181 \text{ м},$$

де  $\varphi = 0,9$  – коефіцієнт міцності зварного шва.

Виконавча товщина:

$$S = S_R + c = 0,000181 + 0,00172 = 0,001901 \text{ м}.$$

де  $c$  – додаток, на величину якого має бути збільшена розрахункова товщина.

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = 0,0015 + 0,00012 + 0,0001 = 0,00172 \text{ мм}.$$

де  $c_1 = 0,0015$  мм , якщо проникненість  $v_{\text{кор}} < 0,05$  мм/рік;

$c_2 = 0,12$  мм - додаток до розрахованої величини, який враховує від'ємний допуск;

$c_3 = 0,001$  мм - додаток, який враховує технологічні операції при яких зменшується товщина листа.

Додатки  $c_2$  та  $c_3$  враховуються, коли їх сумарна величина перевищує 5% від номінальної товщини листа.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Піппис	Лат		81

Проникненість сталі марки 20 за ГОСТ 1050-88  $v_{\text{кор}} = 0,1$  мм/рік.

Термін служби апарата  $t = 15$  років.

$$c_1 = v_{\text{кор}} \cdot t = 0,1 \cdot 15 = 0,0015 \text{ м.}$$

Приймаємо  $S = 3$  мм.

Допустимий внутрішній тиск:

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi(S - c)}{D + (S - c)} = \frac{2 \cdot 146 \cdot 0,9 \cdot (0,003 - 0,00172)}{0,079 + (0,003 - 0,00172)} = 4,19 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо чи виконується умова міцності, МПа:

$$P \leq [P];$$

$$0,6 \text{ МПа} < 4,19 \text{ МПа.}$$

Висновок: умова міцності виконується, приймаємо товщину циліндричної обичайки 0,003 м.

#### 4.2.5 Розрахунок товщини еліптичного днища

В даному розрахунку необхідно визначити товщину кришки та перевірити, чи виконується умова міцності. Розрахунок проводимо згідно методики [1].

Розрахункова схема днища наведена на рисунку 4.18.

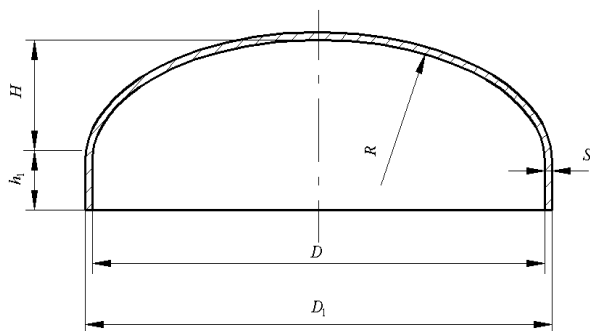


Рисунок 4.18 – Розрахункова схема еліптичного днища

Вихідні дані:

розрахункова температура  $t_R$ , °C 27,5;

діаметр днища,  $D$ , м 0,073;

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		82

розрахунковий тиск, $P_R$ , МПа	0,6;
допустиме напруження матеріалу, $[\sigma]$ , МПа	129,25;
матеріал	ст.20

Розрахункову товщину стінки визначаємо за стандартною формулою (за ГОСТ 14249-89):

$$S_R = \frac{P_R \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 P_R} = \frac{0,6 \cdot 0,073}{2 \cdot 129,25 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,6} = 0,0001885 \text{ м};$$

де  $\varphi = 0,9$  – коефіцієнт міцності зварного шва, стиковий, що виконується автоматичним і напівавтоматичним зварюванням з одного боку.

Із врахуванням поправок маємо:

$$S = S_R + C_1 + C_2 + C_3 = 0,0001885 + 0,00172 = 0,0019085 \text{ м.}$$

Товщину кришки необхідно приймати не менше товщини корпусу і згідно рекомендаціям стандартів не менше 0,003 м. Приймаємо  $S = 0,003 \text{ м.}$

Обчислюємо висоту еліптичної частини кришки та радіус:

$$H = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 0,073 = 0,01825 \text{ м};$$

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = \frac{0,073^2}{4 \cdot 0,01825} = 0,073 \text{ м.}$$

В зв'язку з тим, що ми обрали еліптичне днище, його обов'язково необхідно виконувати з відбортовкою. Усі параметри днища обираються згідно стандартів.

Виконуємо перевірку на допустимий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot (S - C) \cdot [\sigma] \cdot \varphi}{R + 0,5 \cdot (S - C)} = \frac{2 \cdot (0,003 - 0,00172) \cdot 129,25 \cdot 0,9}{0,073 + 0,5 \cdot (0,003 - 0,00172)} = 4,044 \text{ МПа.}$$

$$P = 0,6 \text{ МПа} \leq [P] = 4,044 \text{ МПа.}$$

Висновок: Значення робочого тиску  $P = 0,6 \text{ МПа}$  не перевищує значення допустимого тиску  $[P] = 4,044 \text{ МПа}$ . Умова міцності виконується, отже розрахована виконавча товщина стінки еліптичної кришки  $S = 0,003 \text{ м.}$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локвм.	Пілпис	Лат		83

#### 4.2.6 Розрахунок трубної решітки

Мета розрахунку: визначити товщину трубної решітки і обрати її зі стандартного ряду. Розрахунок проводимо згідно методики [1].

Вихідні дані:

трубний тиск $P$ , МПа	0,1;
діаметр апарата, $D$ , м	0,073;
товщина стінки кожуха $S$ , м	0,003.

Схему закріплення труб в трубній решітці наведено на рисунку 4.19.

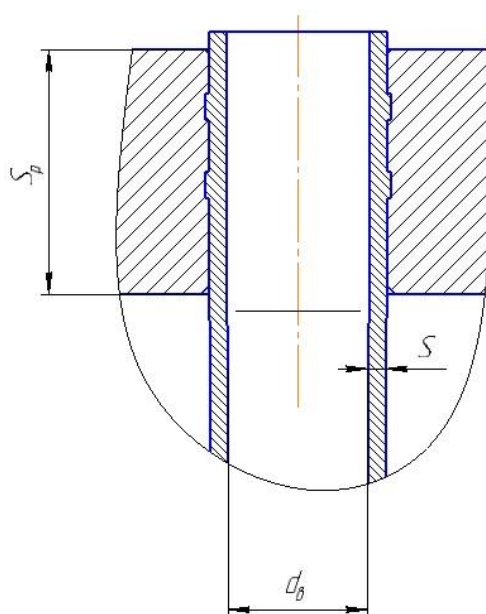


Рисунок 4.19 – Схема закріплення труб в трубній решітці

Допустиме напруження  $[\sigma] = 170$  МПа.

Товщина трубної решітки визначається за формулою:

$$S_p = K \cdot D \cdot \sqrt{\frac{P}{\varphi \cdot \sigma_{\text{виг}}}} = 0,46 \cdot 0,073 \cdot \sqrt{\frac{0,1 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 110 \cdot 10^6}} = 0,001067 \text{ м.}$$

Приймаємо трубну решітку товщиною  $S = 0,02$  м.

Висновки: прийнята товщина трубної решітки  $S = 20$  мм.

#### 4.2.7 Розрахунок укріплення отворів

Мета розрахунку: розрахувати укріплення отворів для штуцера в розподільчій камері навантаженої вигинаючим моментом. Розрахунок проводимо згідно методики [1].

Вихідні дані для розрахунку:

діаметр обичайки $D$ , м	0,073;
тиск $p$ , МПа	0,1;
матеріал	20;
допустиме напруження $[\sigma]$ , МПа	146;
товщина обичайки $S$ , м	0,003;
технологічна прибавка $c$ , м	0,00172;
внутрішній діаметр штуцера $d$ , м	0,019.

Розрахункова схема укріплення отворів показана на рисунку 4.20.

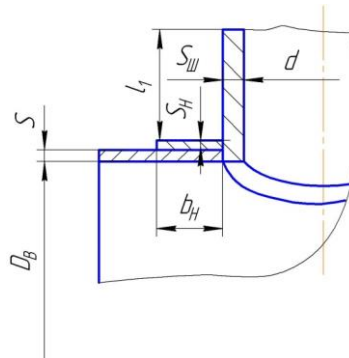


Рисунок 4.20 - Розрахункова схема укріплення отворів

Патрубок із сталюого листа сталь 20 товщиною 3 мм,  $[\sigma] = 146$  МПа.

Розрахунок ведемо відповідно до ГОСТ 24755-89.

Найбільший допустимий діаметр отвору в обичайці, що не потребує укріплення (без врахування приварювального штуцера), розраховується по формулі:

$$d_o = 2 \cdot \left( \left( \frac{S - c}{S_R} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D \cdot (S - c)} \right) =$$

$$= 2 \cdot \left( \left( \frac{0,003 - 0,00172}{0,000181} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{0,073 \cdot (0,003 - 0,00172)} \right) = 0,121 \text{ м},$$

де  $S_R$  – розрахункова товщина стінки корпусу апарата без урахування конструктивної прибавки.

Умова:

$$d_v \leq d_0;$$

$$0,019 \text{ м} < 0,121 \text{ м}.$$

Висновки: оскільки умова виконується, то отвір укріплювати не потрібно.

#### 4.2.8 Розрахунок маси апарату

Метою розрахунку є визначення маси апарату.

Вихідні дані:

діаметр апарата зовнішній $D_{\text{зовн}}$ , м	0,079;
діаметр апарата внутрішній $D_{\text{внутр}}$ , м	0,073;
діаметр труби зовнішній $d_{\text{зовн}}$ , м	0,016;
діаметр труби внутрішній $d_{\text{внутр}}$ , м	0,013;
діаметр коліна зовнішній $d_{\text{зовн}}$ , м	0,025;
діаметр коліна внутрішній $d_{\text{внутр}}$ , м	0,019;
радіус коліна $R_{\text{кол}}$ , м	0,1945;
густина Ст.20, $\rho_{\text{ст}}$ , кг/м <sup>3</sup>	7800.

Схема апарата показана на рисунку 4.21.

Визначаємо масу циліндричної частини секції теплообмінника:

$$m_{\text{ц}} = V_{\text{ц}} \cdot \rho_{\text{ст}} = \pi \cdot L \cdot \left( \left( \frac{D_{\text{зовн}}}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_{\text{внутр}}}{2} \right)^2 \right) \cdot \rho_{\text{ст}} =$$

$$= 3,14 \cdot 2 \cdot \left( \left( \frac{0,079}{2} \right)^2 - \left( \frac{0,073}{2} \right)^2 \right) \cdot 7800 = 0,001432 \cdot 7800 = 11,1696 \text{ кг},$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локвм.	Пілпис	Лат		86

де  $L = 2$  м – довжина циліндричної частини секції теплообмінника.

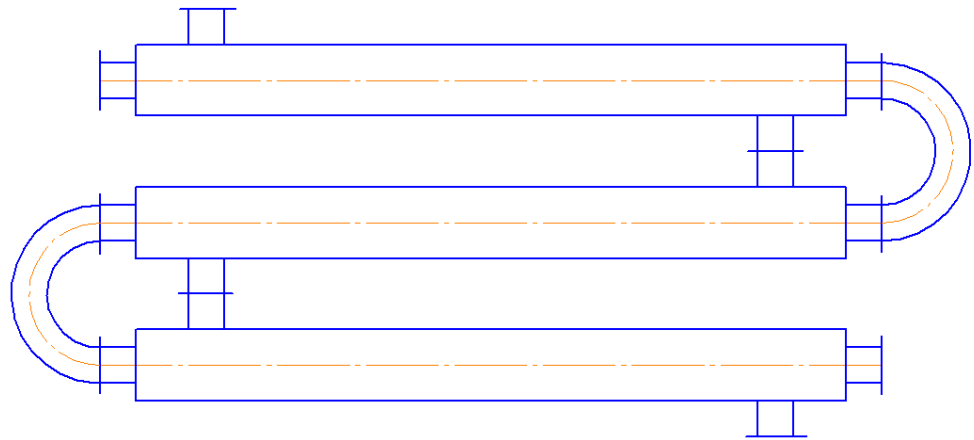


Рисунок 4.21 - Схема апарата

Маса труб:

$$m_{тр} = n \cdot (V_{тр} \cdot \rho_{ст}) = n \cdot \left( \pi \cdot L \cdot \left( \left( \frac{d_{зовн}}{2} \right)^2 - \left( \frac{d_{внутр}}{2} \right)^2 \right) \cdot \rho_{ст} \right) =$$

$$= 7 \cdot \left( 3,14 \cdot 2 \cdot \left( \left( \frac{0,016}{2} \right)^2 - \left( \frac{0,013}{2} \right)^2 \right) \cdot 7800 \right) = 7 \cdot 0,0001366 \cdot 7800 = 7,458 \text{ кг},$$

де  $n = 7$  - кількість труб.

Довжина коліна:

$$L_{кол} = \pi \cdot R_{кол} = 3,14 \cdot 0,1945 = 0,61073 \text{ м}.$$

Маса коліна:

$$m_{кол} = V_{кол} \cdot \rho_{ст} = \pi \cdot L_{кол} \cdot \left( \left( \frac{d_{зовн}}{2} \right)^2 - \left( \frac{d_{внутр}}{2} \right)^2 \right) \cdot \rho_{ст} =$$

$$= 3,14 \cdot 0,61073 \cdot \left( \left( \frac{0,016}{2} \right)^2 - \left( \frac{0,013}{2} \right)^2 \right) \cdot 7800 = 0,0004171 \cdot 7800 = 0,325 \text{ кг}.$$

Маса трубної решітки:

$$m_{тр.р} = V_{тр.р} \cdot \rho_{ст} = \pi \cdot S_{тр.р} \cdot \left( \left( \frac{D_{зовн}}{2} \right)^2 - n \cdot \left( \frac{d_{зовн}}{2} \right)^2 \right) \cdot \rho_{ст} =$$

$$= 3,14 \cdot 0,02 \cdot \left( \left( \frac{0,079}{2} \right)^2 - 7 \cdot \left( \frac{0,016}{2} \right)^2 \right) \cdot 7800 = 0,545 \text{ кг},$$

де  $S_{mp.p} = 0,02$  м – товщина трубної решітки;  $n = 7$  - кількість труб.

Маса штуцера:

$$m_{шт} = (m_{ц} + m_{mp} + 2 \cdot m_{mp.p}) \cdot 15\% = (11,1696 + 7,458 + 2 \cdot 0,545) \cdot 15\% =$$

$$= 19,7176 \cdot 15\% = 2,9576 \text{ кг}.$$

Загальна маса апарата:

$$m_a = 3 \cdot (m_{ц} + m_{mp} + 2 \cdot m_{mp.p} + 4 \cdot m_{шт}) + 2 \cdot m_{кол} =$$

$$= 3 \cdot (11,1696 + 7,458 + 2 \cdot 0,545 + 4 \cdot 2,9576) + 2 \cdot 0,325 = 95,294 \text{ кг}.$$

Висновки: загальна маса апарата складає 95,294 кг.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Піппис	Лат		88



## 5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

У відповідності до закону про охорону праці та навколишнього середовища, виробничі будови, приміщення, обладнання та технологічні процеси відповідають вимогам, що задовольняють безпечним умовам праці.

Машини та механізми, що проектуються відповідають вимогам техніки безпеки та виробничій санітарії. Жодний зразок нової машини не може бути переданий у серійне виробництво, доки не буде відповідати вимогам охорони праці.

Охорона праці і оточуючого середовища включає в себе питання безпеки праці, усунення причин травматизму і попередження професійних захворювань, аварійних ситуацій на виробництві.

Тема магістерської дисертації «Модернізація установки виробництва миючих засобів із розробкою змішувача та теплообмінника». Контроль параметрів технологічного процесу здійснює оператор лінії, пульт якого знаходиться у виробничому приміщенні  $S = 300 \text{ м}^2$ ,  $V = 1800 \text{ м}^3$ .

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні лінії являються:

- ураження електричним струмом;
- вплив механізмів, які рухаються і обертаються;
- виробниче освітлення;
- виробничий шум і вібрації;
- повітря робочої зони;
- вибухопожежонебезпека (надзвичайні ситуації).

### Електробезпека

Приміщення хімічної промисловості, за класифікацією ПУЕ (правила установки електрообладнання) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		89

Для забезпечення електробезпеки передбачені організаційні і технічні заходи:

- інструктаж і навчання безпечним методам праці;
- встановлення блокування безпеки та огорожі;
- встановлення плакатів і знаків безпеки;
- недоступність елементів установки, що знаходяться під напругою (кабелі вкладаємо в полівінілхлоридові труби, піддати захисту: недоступність кабелів на висоті  $h_{\min} = 2,7$  м, застосування огорожувальних пристроїв);
- ізоляція струмопровідних частин пульта керування ( $R = 0,5$  Ом);
- електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів.

На рисунку 5.1 зображено схему занулення.

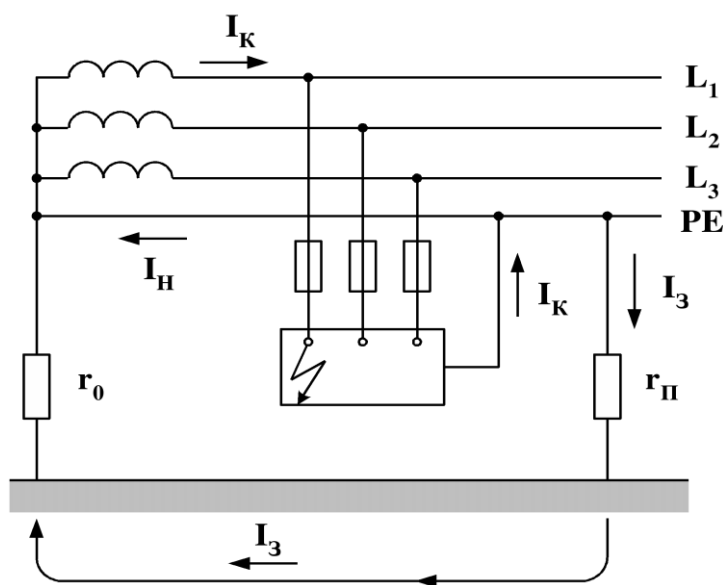


Рисунок 5.1 – Схема захисного занулення

При замиканні на корпус:

$$I_{\text{к.з.}} \geq 3 \cdot I_{\text{ном.}}$$

$$I_{\text{к.з.}} = U_{\text{ф}} / (z_0 + z) = 220 / (0,4 + 0,2) = 360 \text{ А} > 240 \text{ А},$$

де  $I_{\text{ном}} = 80$  А – номінальна сила струму;  $z_0 = 0,4$  Ом – опір нульового провідника;  $z = 0,2$  Ом – опір фазних проводів.

Вимоги до занулення полягають у наступному:

- обирати провідник занулення так, щоб при замиканні на нульовий захисний провід виникав струм короткого замикання, що перевищує не менше ніж в 3 рази номінальний струм плавкого елемента найближчого запобіжника;
- провідність нульового проводу повинна бути не менше 50% провідності фазних проводів;
- нульовий провід має бути неперервним від корпусу до нейтралі джерела струму.
- В аварійному режимі використовувати пристрій занулення і захисне автовідключення. Біля затисків заземлення нанести незмивні червоні знаки "Земля". Вимоги до занулення відповідають ГОСТу 21.1.030-81/91.

### **Безпека впливу частин, що рухаються і обертаються**

Механізмами, що обертаються в лінії є: обертові частини двигунів, вали насосів, вентиляторів. Ці механізми є небезпечними, так як можливе нанесення механічних травм людині, тому в кожному з випадків деталі або вузли закриті захисним огороженням, яке повністю запобігає можливим механічним травмам. Для аварійної зупинки лінії передбачена аварійна кнопка відключення, яка знаходиться в кабіні оператора.

### **Виробниче освітлення**

Система штучного освітлення: загальна і комбінована. Проектом передбачене робоче, евакуаційне, аварійне і ремонтне освітлення.

Проектом передбачається штучне освітлення у всіх приміщеннях і на всіх площадках установки, мінімальна освітленість повинна становити  $E_n=300$  лк.

Для освітлення приміщення цеху приймаємо лампи ДРЛ400 потужністю

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

400 Вт, напругою 220 В, світловим потоком  $\Phi = 19000$  лм, кількістю 48 шт.  
 $E_{\text{фак}} = 320$ лм, що відповідає вимогам ДБН В 2.5.28 – 2006.

### Шум і вібрація

Джерелом шуму при роботі обладнання є електродвигуни (загальна потужність яких  $N = 24$  кВт) та вентилятори і насоси. Загальний рівень шуму становить 100 дБА.

Для зменшення виробничого шуму передбачено проведення наступних заходів:

- встановлення екранів, за допомогою футеровки корпусів двигунів і насосів(15дБа);
- своєчасне змащування всіх поверхонь, що труться(10 дБА);
- своєчасний ремонт всіх механічних вузлів за регламентом(5 дБА).

Фактичні показники шуму 70 дБА, що відповідає ДСН 3.36.037-99.

Персонал, що обслуговує насосне відділення, забезпечити індивідуальними засобами захисту – протишумові навушники ПШН – Б та протишумові вкладиші «Беруши СТ – 1».

Джерелом вібрації являються електродвигуни і обертаючі частини лінії. Вібрації виникають внаслідок неточності установки обертаючих частин, нещільного з'єднання корпусів обертаючих частин до фундаменту.

Заходи проти вібрацій:

- обладнання лінії встановлено на фундаменти, маса яких набагато перевищує масу встановленого обладнання;
- використання гумових прокладок в якості амортизаторів;
- проектування додаткових ребер жорсткості.

Рівень технологічної вібрації у приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.36.039 – 99.

Для захисту рук від впливу загальної вібрації передбачене взуття на товстій гумовій підшві, відповідно до ГОСТ 12.4.002-74.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		92

Для контролю рівня шуму і вібрації передбачений прилад ВШВ-003 і шумо-віброзамірний комплекс ШВК-1.

Сумарний час роботи в контактi з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість неперервної дії вібрації не перевищує 15 – 20 хв. При такому режимі обідня перерва не менше 40 хвилин.

### **Повітря робочої зони**

Під час роботи з миючими засобами починає виділятися ПАР. Тому хімічний склад повітря має відповідати ГОСТ 12.1.005-98.

З метою нормалізації повітря в приміщенні передбачені технологічні заходи:

- герметизація технологічного устаткування;
- теплоізоляція устаткування, температура зовнішніх стінок якого перевищує 333 К, з розрахунку температура навколишнього повітря плюс 279 К.

Видалення шкідливих речовин, що виділяються при переробці матеріалу забезпечується замовником з допомогою установки зонта над реактором. ГДК = 3,0 мг/м<sup>3</sup>.

Приміщення, де працює лінія, обладнане витяжним зонтом. Повітря робочої зони відповідає ГОСТ 12.1.005-88/98.

Розрахунок механічної вентиляції включає визначення найбільш раціонального способу вилучення або попередження утворення токсичних, пожежо- чи вибухонебезпечних концентрацій пароповітряних сумішей (загальнообмінні або місцеві вентиляційні установки і системи); визначення необхідної кількості повітря для обмінної вентиляції, виходячи із відомої кратності повітрообміну в приміщенні, кількості шкідливих речовин, які вилучаються з приміщення, або надлишкового тепла. У зоні роботи операторів передбачається кондиціонування повітря.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		93

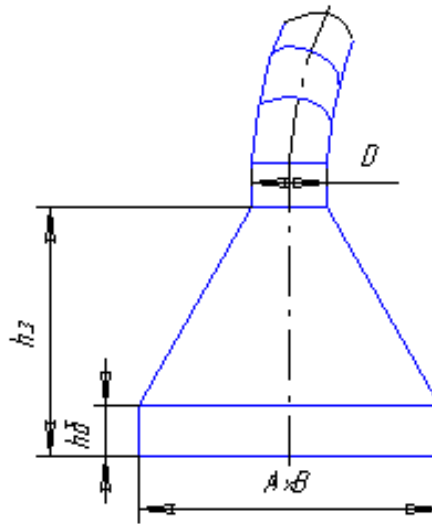


Рисунок 5.2 – Схема зонти

$$A = a + 0,8 \cdot h = 2 + 0,8 \cdot 0,35 = 2,28 \text{ м.}$$

$$B = b + 0,8 \cdot h = 3 + 0,8 \cdot 0,35 = 3,28 \text{ м.}$$

Витрата, повітря видаляемого витяжним зонтом:

$$L = 3600 \cdot S \cdot V_{cp} = 3600 \cdot 6 \cdot 0,55 = 11880 \text{ м}^3/\text{год},$$

де  $S$  – площа прохідного перерізу зонти,  $S = 6 \text{ м}^2$ ;  $V_{cp}$  – середня швидкість для видалення шкідливих речовин в плоских всмоктуючи зонах,  $V_{cp} = 0,55 \text{ м/с}$ .

Для місцевої вентиляції вибираємо вентилятор МЦ-8  $p_n = 140 \text{ Па}$ .

Фактичні концентрації і клас небезпечності шкідливих речовин, що виділяються, відповідає ГОСТ 12.1.005-98.

В усіх виробничих приміщеннях запроектоване парове опалення в зимову пору року.

В цеху підтримуються такі показники повітря: температура  $t = 20 - 23^\circ\text{C}$ , вологість  $w = 40 - 60\%$ , переміщення повітря  $v = 0,2 \text{ м/с}$ .

Технічні засоби, що забезпечують безпеку органів дихання: респіратор газопилозахисний «Клен - ГП», та респіратор ШБ – 1 «Лепесток – 200».

Умови повітря робочої зони забезпечуються завдяки вище перерахованим технічним заходам, що відповідає ДСН 3.3.6.042-99.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Піппис	Лат		94

## Пожежонебезпека (Надзвичайні ситуації)

На виробництві використовуються балони, місткістю 2 і 5 літрів. Робочий тиск в них складає 9,8 МПа, оскільки це балон з вуглецевої сталі. На верхній сферичній частині кожного балона повинні бути чітко нанесені клеймуванням наступні дані:

- товарний знак заводу, що виготовив балон;
- номер балону по системі нумерації виробництва, котре виготовило балон;
- дата (місяць, рік) виготовлення (випробування) і рік наступного випробування;
- різновид термообробки (N – нормалізація; V – закалювання з відпуском);
- робочий тиск і пробний гідравлічний тиск;
- об'єм балона і його маса;
- клеймо ОТК.

Міцність балона перевіряють гідравлічним випробуванням, а герметичність – пневматичним випробуванням у відповідності з вимогами правил встановлення та безпечної експлуатації судів, працюючих під тиском (1976). Випробування проводять пробним тиском, що дорівнює 1,5 робочих тисків. Тривалість випробування повинна бути не менш 15 хвилин. При гідравлічних випробуваннях не повинно бути течі або запотівання.

Випробування балонів на герметичність проводять наповнюванням його стиснутим повітрям до робочого тиску та занурення у воду. При цьому балон не повинен пропускати повітря. Тривалість випробування повинна бути не менш 5 хвилин.

Гарантійний термін використання балонів – 2 роки з дня вводу балонів в експлуатацію.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		95

Для гасіння пожежі служать вуглекислотні вогнегасники типу ВП-3(3) у кількості 9 штук, що розташовуються в цеху, біля ребойлерів, та повіртяних холодильників, які представляють загрозу вибуху.

Перша умова проти вибухового захисту - це недопускання утворення такої кількості вибухової суміші, що може спричинити вибух. Для противибухового захисту передбачена аварійна вентиляція,  $L > 8K$ .

Аварійні вентиляція вмикається автоматично при спрацюванні датчиків при досягненні 20% НКМВ в викидах 10% НКМВ.

Вогнегасники та пожежний інвентар мають червоне пофарбування, а бочки з водою та ящики з піском ще й відповідні написи білою фарбою. Пожежний інструмент фарбується в чорний колір. Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння встановлюються у виробничому приміщенні. Такі бочки укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 8л. Ящики з піском місткістю 0,5, 1,0 та 3,0 м<sup>3</sup> та укомплектовані совковою лопатою. Протипожежні покривала, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, грубо бавовняної тканини мають не менше 2х1м та 2х2 м.

Пожежогасіння в резервуарах здійснюється за допомогою стаціонарної установки пінного підшарового пожежогасіння.

Установки пожежогасіння можуть застосовуватися в якості автономного засобу пожежогасіння і самоспрацьовують при температурі 72°C. Для протипожежного захисту компресорної і насосної використовується система порошкового пожежегасіння – модулі порошкового пожежегасіння у вибухозахищеному виконанні, згідно ДБН В.2.5-13-98.

Для гасіння невеликих ділянок загорання при виключеному та включеному (до 1000В) електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (2 шт.) та порошкові ОП-10 (2 шт.). Як стаціонарні засоби пожежогасіння встановлені самоспрацьовуючі вогнегасники САМ-9 (25 ШТ).

При пожежі в приміщенні знаходяться два евакуиходи (двері) розміром 2,5х1,3м, що розташовані на відстані 16 та 28м від установок.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		96



Відстані до пожежних еваковиходів – 16м, кількість виходів – 2.  
 Ширина прорізу для дверей еваковиходів – 2,5м. Відповідно до СнП 2.09.02-85 кількість виходів - не менше двох. Ширина дверей евакуаційного виходу – 2 метри. Двері евакуаційного виходу відкриваються на зовні.

План евакуації зображено на рисунку 5.3.

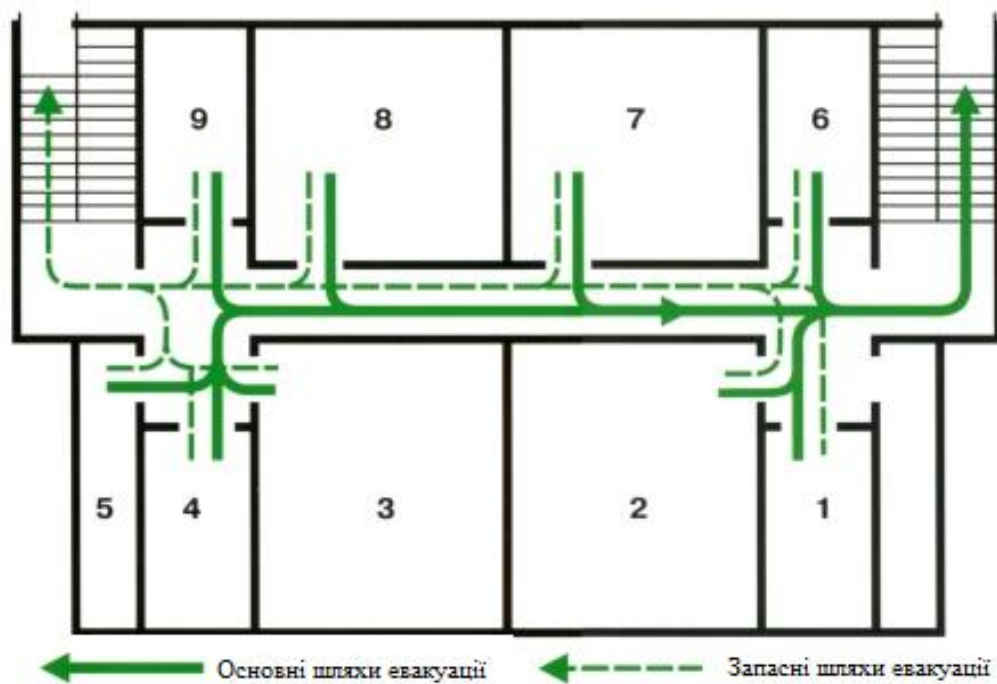


Рисунок 5.3 – План евакуації

План евакуації потрібно розробити заздалегідь. Проведення евакуаційних заходів під час надзвичайних ситуацій дозволяє захистити робітників від травм або смерті.

## **6 Рекомендації, щодо монтажу та експлуатації апаратів установки виробництва миючих засобів**

Складальні роботи з монтажу полягають в установці апарату на фундаменті, установці і приєднанні допоміжного устаткування: приєднання трубопроводів, деталей вузлів підведення і відводу продуктів, установці приладів теплового контролю й автоматичного регулювання. У процесі монтажу виявляються й усуваються дефекти конструкції і виготовлення апаратури. Одночасно здійснюється налагодження роботи апарата з метою підготовки до експлуатації.

Проектом монтажно-складальних робіт передбачається звичайно наступна послідовність операцій складання:

- встановлення корпусу апарата на фундамент;
- встановлення обслуговуючих сходин;
- встановлення елементів, що знаходяться усередині апарата;
- встановлення кришок апарата;
- припасування і приєднання всіх трубопроводів;
- встановлення арматури і контрольно-вимірювальних приладів;
- герметизація місць з'єднання апарата (кришок, фланців і т.д.);
- приєднання допоміжних механізмів і пристроїв;
- встановлення огорожень.

Стропування необхідно виконувати згідно до схем на складальних кресленнях, використовуючи стропи, розпорки, та інші засоби.

До виконання висотних робіт допускаються тільки персонал, що має необхідні дозволи.

Перед встановленням опор на фундамент необхідно: перевірити розміри фундаменту в плані по висоті, нахилу, та їх відповідність робочим кресленням фундаменту, наявність реперних планок по поздовжнім та поперечним його осям для можливості правильного встановлення опор. Перевірити відповідність

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		98

розмірів фундаментних болтів по кресленню та фактичних розмірів заглиблень під фундаментні болти. Провернути гайки по різьбі болтів, при цьому вони повинні бути змащені машинним маслом і легко провертатись від руки. Також перевірити стан опор апаратів, видалити бруд та корозію, зняти залишки фарби з нижніх опорних поверхонь.

Після закінчення монтажно-збиральних робіт апарати мають неодмінно пройти випробування. Спочатку проводять підготовчі роботи, пов'язані з оглядом та перевіркою стану всіх частин та вузлів апарата. При цьому особливу увагу необхідно звернути на присутність в конструкції арматури, приладів, кришок, заглушок, болтів, прокладок та інших деталей, які забезпечують герметичність системи.

В програму випробувань входить гідравлічне та пневматичне випробування апарата разом з трубопроводами на тиск, який вказаний на кресленні. При випробуваннях виявляють герметичність та надійність роботи вентилів, кранів, клапанів та іншої арматури, а також щільність всіх роз'ємних з'єднань.

Підготовка апаратів до експлуатації включає перевірку витрат теплоносіїв, температур теплоносіїв на вході та на виході з апарату, тиск всередині апарата та в трубопроводі. При цьому слід звернути увагу на легкість та надійність управління технологічним процесом.

Результати випробувань виявляють дефекти та недоліки, які заносять в акт випробувань на конкретно взятий апарат.

Апарати вважаються прийнятим в експлуатацію після підписання акту з боку представників монтажно-організації та замовника.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
						99
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

## 7 Рівень стандартизації та уніфікації

У даній магістерській дисертації розробляється змішувач з механічним перемішуючим пристроєм та теплообмінник, які входять до складу лінії по виробництву миючих засобів; запропоновано найбільша допустима кількість уніфікованих та стандартизованих одиниць та параметри, що не погіршують якість основних показників установки.

При розробці апаратів використовуємо стандартні, уніфіковані вузли та деталі.

Змішувач:

Уніфікованими елементами є: кришки еліптичні відбортовані за ГОСТ 6533-68; циліндрична обичайка за ГОСТ 9617-67; шайби за ГОСТ 906575; шпильки за ГОСТ 9066-75; гайки за ГОСТ 9064-75; фланці за ГОСТ 1282180; шпонки за ГОСТ 23360-78; болти за ОСТ 26-2037-96; прокладки за ОСТ 26430-79; штуцери за АТК 24.218.06-90.

Рівень стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} \cdot 100\% = \frac{618}{649} \cdot 100\% = 94,9 \%$$

рівень уніфікації:

$$K_y = \frac{n_c + n_z}{N} \cdot 100\% = \frac{616 + 12}{649} \cdot 100\% = 96,8 \%$$

де  $N$  - загальна кількість деталей у проектованому змішувачі, із них стандартних  $n_c$ , уніфікованих –  $n_z$ .

Теплообмінник:

Уніфікованими елементами є: кришки еліптичні відбортовані за ГОСТ 6533-68; циліндрична обичайка за ГОСТ 9617-67; шайби за ГОСТ 906575; шпильки за ГОСТ 9066-75; гайки за ГОСТ 9064-75; фланці за ГОСТ 1282180;; болти за ОСТ 26-2037-96; прокладки за ОСТ 26430-79; штуцери за АТК 24.218.06-90.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} \cdot 100\% = \frac{457}{621} \cdot 100\% = 73\%$$

де  $n_c$  - кількість стандартних деталей в апараті,  $n_c = 457$ ;

$N$  - загальна кількість деталей в апараті,  $N = 621$ .

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{n_c + n_z}{N} \cdot 100\% = \frac{457 + 40}{621} \cdot 100\% = 80\%$$

де  $n_z$  - кількість уніфікованих деталей в апараті,  $n_z = 40$ .

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Лат		

## 8 Розроблення стартап-проекту

### 8.1 Опис ідеї проекту

Стартап має на меті впровадження новітніх технологій у всі сфери діяльності людини від малого, середнього до великого бізнесу. Основна ідея проекту наведена у таблиці 8.1

Таблиця 8.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Ідея проекту полягає в наданні повного спектру інженерних аутсорсингових послуг	1.Інженерні послуги (розробка обладнання та модернізація обладнання) в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Звернувшись до нас клієнт отримує розробку або модернізацію обладнання в короткі терміни, високої якості за більш низькою ціною.
	2.Дослідження та аналіз в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Звернувшись до нас клієнт отримує можливість комплексно перевірити здатність обладнання до виготовлення певних видів продукту або обладнання та перевірити їх якісні властивості.
	3.Фінансова звітність та консалтингові послуги в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Звернувшись до нас клієнт отримує можливість контролювати свою фінансову звітність та отримати консультування з широкого кола питань у сфері фінансової, комерційної, технологічної, технічної діяльності.
	4.Розробка програмного забезпечення в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Звернувшись до нас клієнт отримує можливість отримати, якісні та сучасні розробки.

Такий підхід дає можливість надати повний спектр послуг користувачу.

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно з пропозиціями конкурентів:

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

- визначено перелік техніко-економічних властивостей ідею;
- визначено попереднє коло конкурентів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів;
- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (таблиця 8.2).

Таблиця 8.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

п/п	Характеристики ідеї	(потенційні) послуги конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Укроргсинтез	Хіммаш	Хімнафтомашпроект			
1.	Інженерні послуги в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Має. Надає повний комплекс аутсорсингових послуг для хімічної і нафтопереробної промисловості	Має. Надає комплекс аутсорсингових послуг для хімічної промисловості	Має. Надає комплекс аутсорсингових послуг для хімічної промисловості	Має. Надає комплекс аутсорсингових послуг для хімічної промисловості	-	-	+ Конкуренти не спеціалізуються на нафтопереробній промисловості, лише у хімічній
2.	Дослідження та аналіз в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	має	немає	має	немає	-	-	+

Продовження табл. 8.2

3.	Фінансова звітність та консалтингові послуги	має	має	немає	немає	-	-	+
4.	Розробка програмного забезпечення	має	немає	немає	немає	-	-	+
5.	Креативний дизайн апаратів хімічної та нафтопереробної промисловості	немає	немає	немає	має	-	+	-
6.	Послуги архітектора	немає	має	немає	має	+	-	-

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційних послуг, що є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

## 8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит способу, за допомогою якого можна реалізувати ідею проекту та наведено його у таблиці.

Таблиця 8.3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Надання повного спектру інженерних аутсорсингових послуг	Створення веб сайту та оренда офісу з комп'ютерною технікою для роботи персоналу.	Дані технології існують. В розробці немає необхідності, оскільки залучатимуться освічені фахівці, що вже мають спеціальну інженерну освіту	Так, дані технології доступні.
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: нові конструкції апаратів хімічної і нафтопереробної промисловості				



За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, та методи реалізації є можливими.

### 8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основні оператори ринку:

Основними операторами ринку є державні та приватні конструкторські відділи, які виконують роботу тільки на власні підприємства та організації, що виконують консалтингові послуги в сфері інжинірингу, аудиту та аутсорсингу.

Таблиця 8.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап - проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од.	990000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштабність
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	79

За результатами аналізу таблиці можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Економічні та соціальні тенденції ринку:

На даний момент ринок знаходиться на стадії введення. Економічна ситуація в Україні та поступовий вхід України до Європейського Союзу вимагає перепрофілювання наших підприємств, збільшення конкурентоспроможності промисловості та введення нових інноваційних технологій та інвестицій.

Проведений аналіз вказує, що наразі консалтингові послуги мають тенденцію спаду, все це пов'язано з кризою в 2010, 2012 роках та військові дії на сході на початку 2014 року.

Ринок надання консалтингових послуг переважно розвивається після кризових періодів. На даний момент економіка України перебуває на етапі виходу з кризи, внаслідок чого розвиток консалтингового ринку розвивається повільно. Але в подальшому даний ринок може стрімко розвиватись, оскільки Україна вступила в зону вільної торгівлі з Європейським союзом. Саме це може спричинити ряд проблем на ринку України, оскільки виникає необхідність стандартизувати продукцію, що виробляється згідно вимог ЄС.

Географічне розміщення споживачів даного ринку є неоднорідним по світу. Найбільше споживачів знаходиться в країнах, що розвиваються. Саме тому ринок інжинірингу, аудиту, аутсорингу є перспективним. Головною ціллю багатьох підприємств є перевага в конкуренції перед іншими конкурентами, тобто підприємства повинні бути конкурентоспроможними.

Це можна зробити покращенням якості виготовленої продукції, зменшенням затрат на виробництво та експлуатацію обладнання, створення нового асортименту продукції тощо.

Конкуренція на даному ринку є невеликою, оскільки даний вид діяльності є новим. Оскільки в минулому більшість підприємств мали власні відділи, що займались даним видом діяльності, а саме конструкторські бюро, відділи постачання та продажу. Наш проект передбачає співпрацю з клієнтом згідно його вимог, з захистом інтелектуальної власності клієнта. Виконана робота на вимогу клієнта не розголошуватиметься, крім цього наш проект передбачає допомогу в патентуванні розробок клієнта, якщо це є необхідним для нього. Також ми можемо запропонувати клієнту власні розробки, модернізації та інновації за вигідними умовами.

Канали розподілу інжинірингового ринку розміщуються насамперед в великих містах, з розвиненою промисловістю. А саме в м. Києві, Дніпрі, Харкові, Львові та інших містах де розміщуються великі підприємства з обробки металів, переробки полімерів тощо.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		106

Споживча поведінка клієнтів на даний момент набуває великого значення для старту проекту, оскільки від репутації нашої компанії залежить довіра потенційних покупців. Саме тому окрім рекламування наших послуг в соціальних мережах та інтернеті необхідно підтримувати репутацію. Насамперед це можна забезпечити високою якістю виконаних послуг для клієнтів, внаслідок чого можлива довгострокова співпраця з декількома клієнтами. Їхні конкуренти можуть помітити ці позитивні зміни та також піти на співпрацю з нашим проектом.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5).

Таблиця 8.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Потреба в інноваційних високоефективних проектах і економії на заробітних платах для подолання наслідків попередніх економічних криз	Хімічні компанії, харчові компанії та компанії, що займаються нафтопереробкою	Необхідність виготовлення продукції у відповідності до різних норм та стандартів	-якість: стандарти, нормативи, вимоги -швидкість, -доступність.

На основі проведеного аналізу ринкового середовища складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (таблиці №№ 8.6-8.7).

Таблиця 8.6 - Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Економічні: Криза, Інфляція, Підвищення цін на сировину (виробництво солей, кислот і лугів, а також на нафтопродукти)	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Підвищення/пониження ціни на продукт у залежності від цін на сировину. Прив'язка до стабільних валют.

Продовження табл. 8.6

Політико-правові: «Закон України про підприємницьку діяльність»	Впливає на працездатність проекту, купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару Недостатня підтримка державою нових підприємців.	Зміна напрямків імпорту/експорту. Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця.
«Закони України про ліцензування певних видів господарської діяльності».	Дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії	Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця.
Природні: повені, дефіцит ресурсу	Зростання ціни на ресурс	Розробка нових технологій з використанням інших матеріалів

Таблиця 8.7 - Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні Зміна технології виготовлення обладнання	Залучення молодих та перспективних кадрів та співпраця з вищими навчальними закладами	Розробка нового обладнання та конструкцій змішувальних елементів. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.
Демографічні: Зростання населення	Збільшення попиту на різні типи продукції хімічної і нафтопереробної промисловості	Збільшення числа потенційних клієнтів в майбутньому.
Соціально-культурні: Консервативність поглядів споживачів	Небажання споживачів купувати нове обладнання, а модернізувати старе	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модернізацію їх виробництва за допомогою наших послуг

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (таблиця 8.8).

Таблиця 8.8 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції Олігополія	Мала кількість спеціалістів здатних виконувати комплексну роботу.	Співпраця з технічними вузами за для покращення якості розробок
2. За рівнем конкурентної боротьби національний	Якісні інженерні послуги необхідні на кожному підприємстві)	Надання консалтингових послуг та можливість співпраці з нашим інженерним відділом)
3. За галузевою ознакою міжгалузева	На підприємстві працюють працівники здатні надавати широкий спектр послуг.	Наша компанія охоплює майже усі напрямки розробок і може надати якісні консалтингові послуги.
4. Конкуренція за видами товарів товарно-видова між бажаннями	У нас є типові конструкції та є можливість розробки індивідуальних апаратів.	Підприємство орієнтоване на малий, середній та великий бізнес. І має можливості проектувати відповідне обладнання
5. За характером конкурентних переваг цінова	Наша компанія буде мати як і конкуренцію по низькій ціні так і на якості продукції. Наша мета робити якісне і дешеве обладнання	Дасть можливість зайняти нішу якісного дешевого обладнання в Україні та світі.
6. За інтенсивністю - марочна	Наша мета зробити всесвітньо відомим наш бренд	Це дасть можливість надавати послуги по усьому світу.

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 8.9).

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Всі підприємства, які займаються консалтингом і аутсорсингом	Конкурентом може стати підприємство яке почне співпрацювати з технічними вузами	Постачальники мають малий вплив на наш основний напрям, але має вплив на напрям по продажу товарів.	- не конкурентно спроможне обладнання - високі ціни на товари	—

Продовження табл. 8.9

Висновки:	На даному етапі розвитку в Україні дуже мало підприємств які можуть провести якісну оцінку роботи підприємства та вказати їхні недоліки.	На сьогодні будь який мислячий на перспективу інвестор може стати нашим конкурентом почавши співпрацювати з університетами .	Так від постачальника буде залежить час поставки комплектуючих та його мінімальна вартість.	Клієнту завжди необхідно: конкурентно спроможне обладнання за низькою ціною якісне та інноваційне	Даний пункт не є актуальним для нашого підприємства через те що ми надаємо комплексний спектр послуг
-----------	--	--	---	---	--

На основі аналізу конкуренції, проведеного в (таблиця 8.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 8.4), вимог споживачів до товару (таблиця 8.5) та факторів маркетингового середовища (таблиця № 8.6-8.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за таблиця. 8.10.

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Низька ціна	Так як ми будемо співпрацювати з науково- технічною базою університету ми зможемо залучати молодих фахівців для розробки обладнання також низька ціна буде через те що обладнання буде продаватися не одному замовнику а буде продаватися на сайті і кожен підприємець зможе його купити.
2	Якість(швидкість та надійність)	При замовленні документації покупець буде отримувати якісну документацію та матиме можливість звернутися до нас консультаціями.
3	Комплексний підхід	Ми надаємо комплекс послуг по розробці виготовленню і монтажу а також постачаємо комплектуючі по низьким цінам

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 8.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 8.11).

Таблиця 8.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Низька ціна	5		△			□		
2.	Якість кінцевої продукції	10			□		△		
3.	Швидкість надання послуг	10			□	△			
4.	Асортимент	8	△	□					
5.	Рівень концентрації виробництва	0				□		△	
* □ – flatworldsolutions.com  △ – ukrengsol.com		Сильні сторони				Слабкі сторони			
		Низька ціна				Якість кінцевої продукції, Швидкість надання послуг, Асортимент			
		Якість кінцевої продукції, Рівень концентрації виробництва				Асортимент, Висока ціна			

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) (таблиця 8.6) та можливостей (Opportunities) (таблиця 8.7) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 8.12).

Таблиця 8.12 – формулювання управлінської проблеми SWOT- аналіз.

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> <li>- новизна проекту;</li> <li>-спроможність проекту збільшити конкурентоспроможність споживачів підприємств промисловості;</li> <li>- низька вартість впровадження проекту (його можна створити навіть власними зусиллями);</li> <li>- можливо збільшити кількість наданих послуг та працювати з обладнанням в інших видах промисловості (фармацевтична, машинобудівна тощо),</li> <li>-більш швидкий вихід розроблених апаратів на ринок.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- низька дохідність проекту внаслідок низької зацікавленості споживачів;</li> <li>- програш іноземним компаніям;</li> <li>- відсутність послуг архітектора.</li> </ul>
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> <li>- залучення молодих та перспективних кадрів та співпраця з вищими навчальними закладами;</li> <li>- збільшення попиту на різні типи продукції хімічної і нафтопереробної промисловості;</li> <li>- небажання споживачів купувати нове обладнання, а модернізувати старе.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- криза, інфляція, підвищення цін на сировину. Вплив на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару;</li> <li>- недостатня підтримка державою нових підприємців;</li> <li>- дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії.</li> </ul>

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 8.13).

Таблиця 8.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Загарбник	Значні	Максимум рік
2	Наступник	Суттєві	Максимум рік

Після аналізу обираємо альтернативу наступник. Мета при цьому полягає в підвищенні рентабельності за рахунок максимально широкого використання ефекту досвіду. Зв'язок між рентабельністю і часткою ринку



спостерігається в основному у сфері масового виробництва, коли конкурентна перевага пов'язана з економією на витратах.

#### 8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 8.14).

Таблиця 8.14 – вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Малі приватні промислові підприємства хімічної та нафтопереробної галузей	Висока	Високий	Мала	Висока
2	Великі промислові підприємства хімічної та нафтопереробної галузей	Середня	Середній	Висока	Середня

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 8.15).

Таблиця 8.15 – визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Наступник	Концентрація на потребах одного цільового сегменту	Надання інженерних консалтингових послуг малим промисловим підприємствам	Стратегія спеціалізації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.16).

Таблиця 8.16 – визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	На території України для малих і середніх підприємств проект не є першопрохідцем.	В планах компанії пошук нових споживачів та розширення своєї діяльності	Копіювання популярних послуг на ринку такі як: - Розробка програмного забезпечення - Аудит підприємства - Архітектура та дизайн	Стратегія виклику лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. таблиця 8.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 8.15) та стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.16) розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.17). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну проект.

Таблиця 8.17 – визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту*
	Якісне надання послуг з урахуванням всіх стандартів, норм та вимог	Стратегія спеціалізації	Стратегія виклику лідера	Конкуренто-спроможні аутсорсингові послуги

## 8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 8.18 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.18 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує послуга	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Потреба в обладнанні потреба в підвищенні кінцевої продукції	Швидкість, надійність(надання консультацій в продовж року) та комунікабельність персоналу, економія на ЗП	Швидкість, не висока ціна, надійність та комунікабельність персоналу

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.19). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [26].

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;
- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості;
- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару;

- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні;
- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття;
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;
- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення;
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 5.28.

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Послуга за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє послуга (згідно концепції), її основної функціональної вигоди:		
	Надання надійного та високо кваліфікованому аутсорсингу, що дозволяє зменшити витрати на утримання штату працівників.		
II. Послуга у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Економічності: зниження затрат на ремонт обладнання 2. Призначення: хімічні, харчові та будівельні компанії. 3. Технологічні: оптимізації витрат праці та часу. 4. Ергономічність: зручність та доступність до всіх елементів конструкції; 5. Безпека: відповідність нормативам; 6. Екологічність: відповідність нормативам.	—/+	+ /+ /+ /+ /+

Продовження табл 8.19

	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.
	Документи виконані з логотипом підприємства.
	Марка: Парменід
III. Послуга із підкріпленням	До продажу: представлення клієнту проекту
	Після продажу: гарантійні консультації
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Використання власних запатентованих розробок та методів оптимізації, консультування та шляхів розв'язку проблеми.	

Захист буде організовано за рахунок захисту ідеї товару у патентному відомстві.

Далі визначаються цінові межі, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 8.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 8.20 - Визначення меж встановлення ціни

п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	500000 грн/1 замовлення	250000 грн – ціни невисокі	Підприємства великі, середні та малі(цехи)	250000-450000.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8.21):

Таблиця 8.21 - Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Замовлення проекту	Швидкість виконання, надійність(надання консультацій в продовж року)	Нульового рівня	Власні сили

При визначенні оптимальної системи збуту було вирішено, що ми будемо проводити збут власними силами.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.22).

Таблиця 8.22 - Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування
Орієнтована на використання вузькоспеціальної комунікації, що визначається особливістю галузевої приналежності	Інтернет, виставки, друкована продукція	<p>Спеціалізовані виставки такі як:</p> <p>Міжнародна спеціалізована виставка ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ/ПОЖТЕХ;</p> <p>Міжнародний авіакосмічний салон AVIACBIT;</p> <p>Міжнародна спеціалізована виставка гірничодобувної промисловості MINING INDUSTRY EXPO;</p> <p>Міжнародна спеціалізована виставка НАФТОГАЗЕКСПО;</p> <p>Міжнародна агропромислова виставка АГРОФОРУМ;</p> <p>МІЖНАРОДНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ;</p> <p>Міжнародна спеціалізована виставка PLAST EXPO UA.</p> <p>На виставках буде розповсюджуватися друкована продукція.</p> <p>В мережі інтернет буде здійснюватися, адресна розсилка комерційних пропозицій за базою даних потенційних клієнтів, також буде розміщено рекламу на основних профільних сайтах та в соціальних мережах.</p>

Результатом пункту 8.4 створено ринкову програму, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

## 8.6 Висновки до розділу

Відповідно до проведеного аналізу перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції, конкурентоспроможність проекту поява даного проекту є актуальна так як на ринку мала кількість компаній яка надає такий спектр послуг. І має перспективи росту на ринку послуг який відновлюється.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						119
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

## Висновки

В магістерській дисертації модернізовано лінію по виробництву миючих засобів.

Проведено опис технологічного процесу виробництва миючих засобів. Підібрані змішувач та теплообмінник. Обґрунтовано обрані конструкції та вибрані технічні характеристики. Проведено патентний пошук. Розроблено заходи, щодо вимог охорони праці. Виконані розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій апаратів. Надано рекомендації з монтажу та експлуатації. Розроблено стартап-проект. Оцінено рівень стандартизації та уніфікації розроблюваних апаратів. Проведено розробку технологічного процесу виготовлення деталі (трубна плита) та схеми автоматичного керування технологічним процесом установки.

Проведено модернізацію установки виробництва миючих засобів шляхом нанесення штучної шорсткості на циліндричній частині змішувача в місцях розташування напівтруб. У результаті модернізації інтенсифікували процес перемішування.

Графічна частина складається з десяти креслень в перерахунку на формат А1. Виконані креслення схеми установки виробництва миючих засобів, функціональна схема автоматизації, складальні креслення змішувача та теплообмінника, його трубної решітки. До складальних креслень складено специфікації.

За результатами роботи подано деклараційний патент України на корисну модель оболоні з напівтруб та опубліковано дві тези доповідей на Міжнародних конференціях та одна Всеукраїнській конференції.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						120
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		



## Выводы

В магистерской диссертации модернизировано линию по производству моющих средств.

Проведено описание технологического процесса производства моющих средств. Подобраны смеситель и теплообменник. Обоснованно выбраны конструкции и выбраны технические характеристики. Проведен патентный поиск. Разработаны мероприятия по требованиям охраны труда. Выполнены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций аппаратов. Даны рекомендации по монтажу и эксплуатации. Разработан стартап-проект. Оценен уровень стандартизации и унификации разрабатываемых аппаратов. Проведена разработка технологического процесса изготовления детали (трубная плита) и схемы автоматического управления технологическим процессом установки.

Проведена модернизация установки производства моющих средств путем нанесения искусственной шероховатости на цилиндрической части смесителя в местах расположения полутруб. В результате модернизации интенсифицировали процесс перемешивания. Графическая часть состоит из десяти чертежей в пересчете на формат А1. Выполнены чертежи схемы установки производства моющих средств, функциональная схема автоматизации, сборочные чертежи смесителя и теплообменника, его трубной решетки. К сборочным чертежам составлены спецификации.

По результатам работы подан декларационный патент Украины на полезную модель оболочки из полутруб и опубликовано два тезиса докладов на международных конференциях и одна на Всеукраинской конференции.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
						121
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

## Conclusions

In the master's thesis the line for the production of detergents has been modernized.

A description of the technological process of production of detergents is made. Selected mixer and heat exchanger. The chosen designs and Selected technical characteristics are substantiated. Patent search conducted. Developed measures that meet the requirements of occupational safety. Performed calculations, which confirm the efficiency and reliability of the designs of the apparatus. The installation and operation recommendations are given. A startup project has been developed. The level of standardization and unification of the developed devices is estimated. The development of the technological process of manufacturing the component (tube plate) and the schemes of automatic control of the technological process of the installation was carried out.

The modernization of the plant for the production of detergents by applying an artificial roughness on the cylindrical part of the mixer at the location of the semi-pipes. As a result of modernization, the process of tightening intensified. The graphic part consists of ten drawings in terms of A1 format. The drawings of the scheme of the installation of production of detergents, the functional scheme of automation, assembly drawings assembly drawings of the mixer and heat exchanger, its tube sheet.. Specifications are compiled for assembly drawings.

As a result of the work, Ukraine's declarative patent for a half pipe hollow model has been received and two theses of reports have been published at the International conferences and one All-Ukrainian conference.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Піппис	Лат		122

## Перелік посилань

1. Ковалёв В.М., Петренко Д.С. Технология производства синтетических моющих средств. М: Химия, 1992. – 164 с.
2. Николаев П.В. Основы химии и технологии производства синтетических моющих средств. — Иваново, 2007. — 85 с.
3. ГОСТ 9931-85. Корпусы цилиндрические стальных сварных сосудов и аппаратов. Типы, основные параметры и размеры.
4. Лашинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры - Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
5. ГОСТ 6533-78 Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры.
6. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов/ Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. –10–у изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
7. ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность
8. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник.–Л.:Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1981.–382 с., ил.
9. АТК 24.200.04-90. Опоры цилиндрические и конические вертикальных аппаратов. Типы и основные размеры.
10. В. Г. Доброногов. Алгоритм расчета на виброустойчивость валов механических перемешивающих устройств: Методические указания к применению числительной техники в курсе “Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств” / В. Г. Доброногов, О. Г. Зубрий, Л. Г.Воронин. – К.: КПИ, 1990. – 39 с.
11. В. Г. Доброногов. Алгоритм расчета на жесткость валов механических перемешивающих устройств : Методические указания к применению вычислительной техники в курсе “Расчет и конструирование

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Піппис	Лат		123

машин и аппаратов химических производств” / В. Г. Доброногов, О. Г. Зубрий, Л. Г. Воронин . – К.: КПИ, 1989. – 60 с.

12. В. Г. Доброногов. Алгоритм расчета на прочность валов механических перемешивающих устройств: Методические указания к применению числительной техники в курсе “Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств” / В. Г. Доброногов, О. Г. Зубрий, Л. Г. Воронин. – К.: КПИ, 1990. – 39 с.

13. РД 26-01-90-85 Механические перемешивающие устройства. Метод расчета

14. Дытнерский Ю.И.. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Ю.И. Дытнерский, 2–е изд., перераб. и дополн. – М.: Химия, 1991. – 496 с.

15. Тепло- и массообмен теплотехнический эксперимент. Справочник / Григорьев В.А., Зорин В.М. – М: Энергоиздат, 1982. – 512 с.

16. Расчет режимов резания. Учебное пособие / Безъязычный В. Ф., Аверьянов И. Н., Кордюков А. В. – Рыбинск: РГАТА, 2009. – 185 с.

17. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под ред. М. О. Штейнберга.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.; Машиностроение, 1992.— 672 с.

18. Охрана труда и производственная безопасность: Учебно-методическое пособие / А.А. Раздорожный, – М.: Экзамен, 2005. – 512 с.

19. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

20. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		124

технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.

21. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

22. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. - Режим доступу [http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).

23. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>

24. Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. – 2014. – Т. 1. – С. 60– 72.

25. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступу : [http://futurolog.com.ua/blog\\_konferencia\\_kneu\\_2015\\_12\\_15.phtml](http://futurolog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml).

26. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступу : [http://futurollog.com.ua/blog\\_konferencia\\_kneu\\_2015\\_12\\_15.phtml](http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml).

27. Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу : <http://futurollog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

28. Патент № 112937 (UA), МПК В28С 5/14 (2006.01); Вібраційний змішувач/ Кутняк М.М.; Коц І.В. (UA); Заявка № u 2016 05253, 10.01.2017; Опубл. 10.01.2017; Бюл. № 1.

29. Патент № 115776 (UA), МПК В01F 3/18 (2006.01); Змішувач сипких матеріалів/ Дударєв І.М. (UA); Заявка № u 2016 11644, 18.11.2016; Опубл. 25.04.2017; Бюл. № 8.

30. Патент № 120676 (UA), МПК В29В 7/30 (2006.01); Статичний змішувач для полімерних матеріалів / Сівецький В.І.; Сідоров Д.Е.; Колосов О.Є.; Івіцький І.І.; Турбал М.П. (UA); Заявка № u 2017 05683, 09.06.2017; Опубл. 10.11.2017; Бюл. № 21.

31. Patent US9724662; Gas mixer; Inventors: Satoshi Ohtsuki, Tatsuki Kumagai, Sayaka Yoshimura.

32. Patent US10137421; Static mixer; Inventor: Joong Hyun Lim, Jongho Hong.

33. Патент № 121939 (UA), МПК F28D 7/10 (2006.01); Теплообмінник «труба в трубі» / Мікульонок І.О.; Андреев І.А.; Довгошея А.А. (UA); Заявка № u 2017 05544, 06.06.2017; Опубл. 26.12.2017; Бюл. № 24.

34. Патент № 122008 (UA), МПК F28D 7/10 (2006.01); Теплообмінник «труба в трубі» / Андреев І.А.; Мікульонок І.О.; Чайківський К.В. (UA); Заявка № u 2017 06396, 22.06.2017; Опубл. 26.12.2017; Бюл. № 24.

35. Патент № 122866 (UA), F28D 7/10 (2006.01); Теплообмінник «труба в трубі» / Андреев І.А.; Мікульонок І.О.; Пищик Б.І. (UA); Заявка № u 2017 08937, 08.09.2017; Опубл. 25.01.2018; Бюл. № 2.

36. Patent US9989299 B1; Cooler; Inventor: Robert Ballar. Publication Date: 05/06/2018.

37. Patent US20170276058A1; Charge air cooler; Inventor: Kevin BOCKSTANZ, Dwayne Robert Taylor.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
						127
Змн.	Анк.	№ доквм.	Піппис	Лат		

**Додаток А**  
**Технологія виготовлення трубної плити теплообмінника**

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						128
Змн.	Арк.	№ локум.	Піппис	Лат		



## Зміст

### Вступ

#### А.1 Технологічний аналіз виготовлення деталі

#### А.2 Вибір та обґрунтування виду заготовки

##### А.2.1 Визначення розмірів заготовки з допусками

##### А.2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

##### А.2.3 Розрахунок режимів різання

##### А.2.4 Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів $\varnothing 16$ мм

##### А.2.5 Розрахунок норми часу на свердління отворів $\varnothing 16$ мм

#### А.3 Розробка пристрою

##### А.3.1 Призначення, опис конструкції і робота пристрою

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						129
Змн.	Арк.	№ док.м.	Піппис	Лат		

# Технологія виготовлення трубної плити теплообмінника

## Вступ

Метою розділу дисертації є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – трубної плити і проектування оснастки (пристрою) для одної з операцій виготовлення деталі, а саме для свердління семи отворів діаметром 16 мм.

Трубна плита є деталлю трубчатки, яка з'єднує корпус з камерою теплообмінника. Трубна плита сприймає зусилля від тиску в корпусі. Деталь є відповідальною і напруженою. Дефекти внутрішні і зовнішні не допускаються.

В процесі виконання роботи вирішуються наступні завдання:  
Розробка технології виготовлення деталі „трубна плита”, в яку входить вибір методу отримання заготовки і розрахунок припусків, вибір устаткування і інструментів для кожної операції; проектування верстатного пристрою – стіл поворотний.

## A.1 Технологічний аналіз виготовлення деталі

Матеріал деталі – сталь нержавіюча 08X18H10T, вибрана з міркувань техніки безпеки, корозійної стійкості і міцності, має достатню пластичність для обробки тиском. Заготовка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності.

Матеріал деталі піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів (твердий сплав, швидкоріжуча сталь). Всі поверхні деталі

доступні для ріжучого інструменту. Ступені поверхонь обертання зменшуються

в одному напрямку – це технологічно.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		130

В іншому деталь складається з уніфікованих конструкційних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхні, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при стандартних технологічних базах.

Усі технологічні вимоги встановлені в залежності від службового призначення виробу та визначається ступенем точності деталі.

В цілому деталь технологічна.

#### Кількісна оцінка технологічності

За коефіцієнтом уніфікації:

$$K_{y.e.} = \frac{\theta_{y.e}}{\theta_e} = \frac{9}{5} = 1,8,$$

де  $\theta_{y.e} = 9$ , – число уніфікованих елементів;

$\theta_e = 5$ , – кількість конструктивних елементів згідно з кресленням.

За коефіцієнтом точності обробки:

$$K_{T.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{CP}} = 1 - \frac{1}{13,1} = 0,92 > 0,8,$$

де  $T_{CP}$  – середній квалітет обробки деталі:

$$T_{CP} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{7 \cdot 1 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 8}{10} = 13,1.$$

Таблиця А.1– Квалітети деталі

Квалітет розміру	Кількість квалітетів
7	1
12	1
14	8

$T_i$  – квалітет обробки;  $n$  – кількість відповідних квалітетів.

За коефіцієнтом шорсткості поверхні:

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{\text{Ш}_{\text{ср}}} = 1 - \frac{1}{7,27} = 0,86 > 0,6,$$

де  $\text{Ш}_{\text{ср}}$  – середнє значення параметрів шорсткості.

Таблиця А.2– Шорсткість деталі

Параметр шорсткості	Кількість параметрів
3,2	1
6,3	12
12,5	3

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{\sum \text{Ш}_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 12 + 12,5 \cdot 3}{16} = 7,27,$$

де  $\text{Ш}_i$  – чисельне значення параметра шорсткості;

$n_i$  – число відповідних параметрів шорсткості.

За коефіцієнтом використання металу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{q}{Q} = \frac{0,784}{1} = 0,784,$$

де  $q = 0,784$  кг – маса деталі згідно креслення;

$Q = 1$  кг – маса заготовки згідно.

Кількісна оцінка показала, що деталь технологічна.

## А.2 Вибір та обґрунтування виду заготовки

Одним з основних напрямків у машинобудуванні є вибір форм заготовок, що дають найменші технологічні відходи. Беззупинне підвищення точності заготовок і наближення їхніх форм до форм готових деталей різко скорочує галузь застосування різних методів обробки різанням і скорочує відходи металу в стружку.

Заготовка відноситься до класу простого сортового профілю. Точність гарячекатаного прокату приблизно відповідає 12 – 14 квалітету. Заготовку отримуємо з листового прокату розмірами 120×120×36 киснево-флюсовою

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Піппис	Лат		132

газовою різкою. Деталь має форму диску, тому з урахуванням середньосерійного виробництва заготовка з листового прокату найекономічніша.

### А.2.1 Визначення розмірів заготовки з допусками

Маса деталі  $q = 0,784$  кг (згідно з кресленням).

Приймаємо межу маси заготовки:

$$Q = 1 \dots 3 \text{ кг}$$

Клас точності прокату ТЗ за ГОСТ 7505–89 [23].

Об'єм простої описаної фігури:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,1^2 \cdot 0,03}{4} = 0,0023 \text{ м}^3;$$

Об'єм заготовки очікуваний:

$$V_n = V_{\phi} - \left( n \cdot \frac{\pi \cdot d^2 \cdot l}{4} - 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h \cdot S - S \cdot h \cdot l \right) = 0,00023 -$$

$$- \left( 7 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,016^2 \cdot 0,03}{4} - 2 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,016 \cdot 0,008 - 0,008 \cdot 0,006 \cdot 0,816 \right) = 0,002619 \text{ м}^3;$$

Ступінь складності – С2 за ГОСТ 7505 – 89 [23].

Вихідний індекс – 14 за ГОСТ 7505 – 89 [23].

Основні та додаткові припуски та допуски назначаємо згідно ГОСТ 7505 – 89.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Піппис	Лат		133

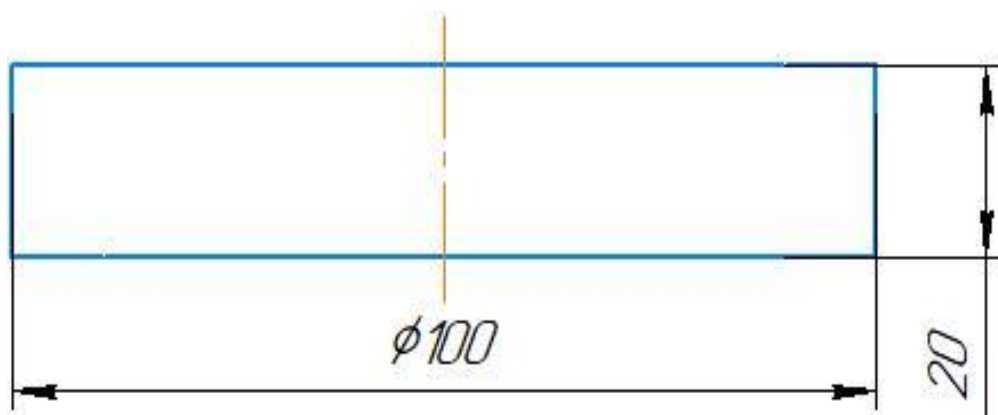


Рисунок А2 – Ескіз заготовки

Таблиця А.2 –Визначення розмірів заготовки з допуском

Поверхня, що оброблює ться	Шорс ткість $Ra$ , мм	Припус к на розмір, мм	Розмір заготовки, мм		Відхилен ня розмірів, мм
			Розраху н- ковий	Прийня тий	
Ø100	12,5	3,5	Ø103,5	Ø100	+1,50/0,00

### А.2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Розрахунок припусків аналітичним методом на обробку диску діаметром 100 мм, Н9

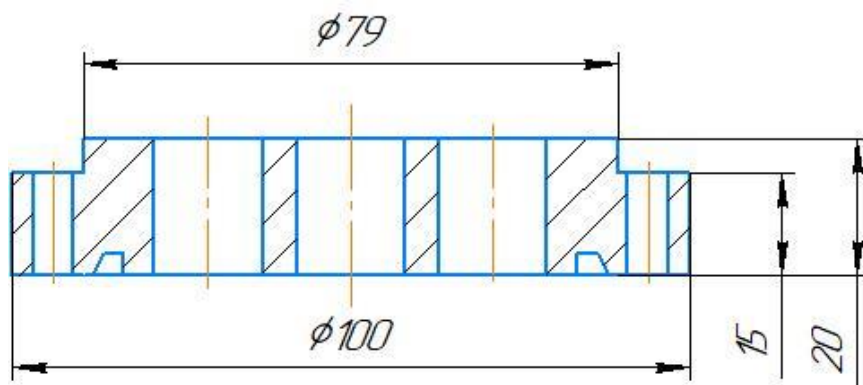


Рисунок А2 – Ескіз деталі

Розрахунок проводимо за методикою, викладеною в [24].

1 перехід – чорнове розточення  $H12, Ra\ 25$

2 перехід – чистове розточення  $H9, Ra\ 12,5$

Мінімальний припуск згідно [24].

$$2Z_{\min} = 2(R_Z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \xi_i^2}; \quad (\text{A.1})$$

Величини  $R_Z$  та  $h$  назначаємо згідно (с.182).

Для заготовки  $R_Z = 700$  мкм,  $h_1 = 200$  мкм.

Сумарне відхилення для заготовки:

$$\Delta_1 = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{екс}}^2 + \Delta_{\text{П}}^2}. \quad (\text{A.2})$$

де  $\Delta_{\text{кор}}$  – короблення поверхні отвору заготовки,

$\Delta_{\text{екс}}$  – відхилення від концентричності отвору,

$\Delta_{\text{П}}$  – відхилення від перпендикулярності.

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_K \cdot e)^2 + (\Delta_K \cdot D)^2} = \Delta_K \cdot \sqrt{e^2 + D^2}, \quad (\text{A.3})$$

де  $e = 30$  мм – товщина диску згідно з кресленням,

$D = 100$  мм – діаметр диску згідно з кресленням,

$\Delta_K = 3$  мкм/мм – питома кривизна [24].

$$\Delta_{\text{кор}} = 3 \cdot \sqrt{30^2 + 100^2} = 313 \text{ мкм},$$

$$\Delta_{\text{екс}} = \frac{79 + 120}{2} = 99,5 \text{ мкм},$$

$$\Delta_{\text{П}} = \Delta_H \cdot L = 0,7 \cdot 50 = 350 \text{ мкм},$$

де  $\Delta_H = 0,7$  мкм/мм – питоме відхилення,

$$\Delta_1 = \sqrt{313^2 + 99,5^2 + 350^2} = 480 \text{ мкм}.$$

Відхилення після чорнового точіння:

$$\Delta_2 = k_{y2} \cdot \Delta_1 = 0,06 \cdot 480 = 28,8 \text{ мкм},$$

де  $k_y$  – поправочний коефіцієнт.

Розміри диску після чистового точіння:

$$d_{\text{P3min}} = d_H - ei = 100 - 1,5 = 98,5 \text{ мм},$$

$$d_{\text{P3max}} = d_H + ES = 100 + 0 = 100 \text{ мм}.$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						135
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Похибка закріплення заготовки для чорнового точіння:  $\xi_2 = 500$  мкм,

Похибка закріплення для чистового точіння  $\xi_3 = 250$  мкм .

Мінімальний припуск на чорнове точіння:

$$2 \cdot Z_{2\min} = 2 \cdot (R_{Z1} + h_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \xi_2^2}) = 2 \cdot (125 + 120 + \sqrt{480^2 + 500^2}) = 1876 \text{ мкм} .$$

Мінімальний припуск на чистове точіння:

$$2 \cdot Z_{3\min} = 2 \cdot (R_{Z2} + h_2 + \sqrt{\Delta_2^2 + \xi_3^2}) = 2 \cdot (60 + 60 + \sqrt{28,8^2 + 250^2}) = 726 \text{ мкм} .$$

Розрахунковий розмір для чорнового точіння:

$$d_{P2\min} = d_{P3\min} + 2Z_{3\min} = 98,5 + 0,726 = 99,913 \text{ мм} .$$

Розрахунковий розмір для заготовки:

$$d_{P1\min} = d_{P2\min} + 2Z_{2\min} = 99,913 + 1,876 = 101,876 \text{ мкм} .$$

Допуск на обробку заготовки. Для деталі:  $TD_3 = 0,7 \text{ мм} = 3500 \text{ мкм}$  (Н9);  
для чорнового точіння:  $TD_2 = 876 \text{ мкм}$  (Н12); для заготовки:  $TD_1 = 3500 \text{ мкм}$ ,  
(ТІ).

Мінімальний гарантований розмір:

$$d_{1\min} = 101,876 \text{ мм} ;$$

$$d_{2\min} = 99,913 \text{ мм} .$$

Розрахунковий максимальний розмір визначаємо сумою мінімального розрахункового розміру та величини допуску:

$$d_{1\max} = d_{P1\min} + TD_1 = 101,876 + 3500 = 102,226 \text{ мм} ;$$

$$d_{2\max} = d_{P2\min} + TD_2 = 99,913 + 876 = 100 \text{ мм} .$$

Мінімальне та максимальне значення припусків:

$$2Z_{2\max} = d_{1\max} - d_{2\max} = 102,226 - 100 = 1,626 \text{ мм} ;$$

$$2Z_{2\min} = d_{1\min} - d_{2\min} = 101,876 - 99,913 = 1,876 \text{ мм} ;$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
						136
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		



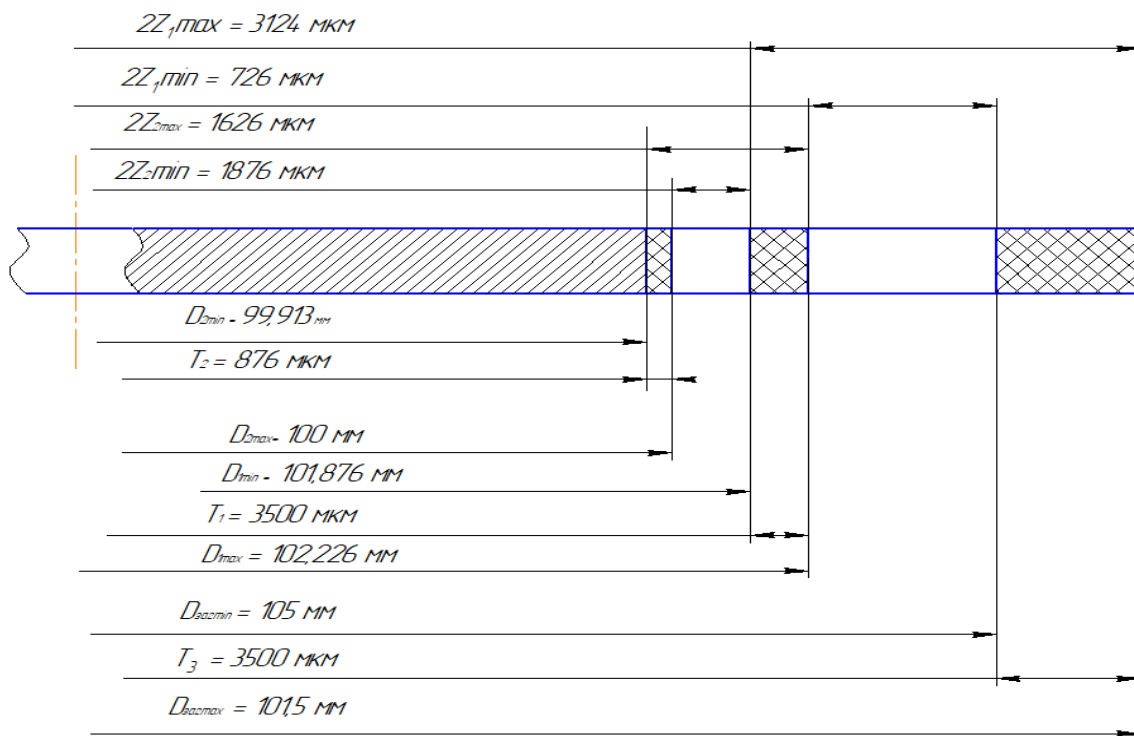


Рисунок А2 – графічний спосіб визначення розмірів при переходах  
точіння отвору  $\varnothing 100\text{H9}$

Таблиця 2. Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічних переходах обробки отвору  $\varnothing 100\text{H9}$

Технологічні переходи обробки	Елементи припуску, мкм				$2z_{min}$ , мкм	Допуск Т, мкм	Граничні розміри, мм		Граничне значення припуску, мм	
	Rz	h	$\rho$	$\varepsilon$			dmin	dmax	$2z_{min}$ гр	$2z_{max}$ х гр
Заготовка	125	120	1000	-	-	3500	101,5	105	-	-
Чорнове розточування	60	60	70	420	1876	350	99,913	100	-	-
Чистове розточування	30	30	40	-	726	87	101,876	102,226	-	-

### А.2.3 Розрахунок режимів різання

1) Розточити отвір  $\varnothing 99,913$  до  $\varnothing 100^{0,14}$  (чорнове точіння).

Глибина різання:  $t_{чорн} = 1,5 \text{ мм}$ , подача  $s_{чорн} = 0,4 \text{ мм/об}$  [23].

Період стійкості різця з врахуванням напівавтоматичного режиму різання станка приймасмо підвищену:  $T = 90$  хвилин.

Швидкість різання:

$$V_{\text{чорн}} = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot 60} \cdot K_V = \frac{620}{90^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,2} \cdot 60} \cdot 0,42 = 1,9 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 114 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де коефіцієнти  $C_V, x, y, m$  – табличні значення [23], для сталюого литва і різця з твердим сплавом:

$$C_V = 620, x = 0,15, y = 0,2, m = 0,2.$$

Коефіцієнт швидкості розраховується за формулою [23]:

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi} \cdot K_r = 1,0 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,42,$$

де  $K_{mv} = 1,0$  – коефіцієнт, який залежить від матеріалу, що оброблюється;

$K_{nv} = 0,65$  – коефіцієнт, який враховує стан обробленої поверхні;

$K_{uv} = 0,7$  – коефіцієнт, який враховує матеріал ріжучої частини інструмента;

$K_{\phi} = 0,97$  – коефіцієнт, який враховує кут у плані;

$K_r = 0,94$  – коефіцієнт, який враховує радіус ріжучої кромки інструменту.

Частота обертання:

$$n_{\text{чорн}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 1,9}{3,14 \cdot 100} = 2,38 \frac{\text{об}}{\text{с}}.$$

$$\text{Кінцеве значення, яке приймаємо: } n_{\text{чорн}} = 220 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

тоді

$$V_{\text{чорн}} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 220}{1000} = 69,1 \frac{\text{м}}{\text{хв}} = 1,15 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Хвилинна подача:

$$S_m = S \cdot n = 0,4 \cdot 220 = 88 \text{ мм/хв.}$$

Сила різання:

$$P_{\text{Зчорн}} = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 69,1^{-0,15} \cdot 0,75 = 899,2 \text{ Н},$$

де  $C_P, x, y, n$  – табличні значення [23] для сталюого литва і різця з твердим сплавом :  $C_P = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15$ .

Коефіцієнт  $K_P$  являє собою множення ряду коефіцієнтів:

$$K_P = K_{Mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,75,$$

де  $K_{Mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$  – коефіцієнти, які враховують фактичні умови різання. Значення цих коефіцієнтів табличні [23].

Потужність різання:

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
						138
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$N_{\text{чорн}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{899,2 \cdot 69,1}{1020 \cdot 60} = 1,015 \text{ кВт.}$$

2) Розточити отвір  $\varnothing 101,5$  до  $\varnothing 102,0^{0,226}$  (чистове точіння).

Глибина різання:  $t_{\text{чорн}} = 1,5 \text{ мм}$ , подача  $s_{\text{чорн}} = 0,4 \text{ мм/об}$  [23].

Період стійкості різця з врахуванням напівавтоматичного режиму різання станка приймаємо підвищену:  $T = 90$  хвилин.

Швидкість різання:

$$V_{\text{чист}} = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot 60} \cdot K_v = \frac{620}{90^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,2} \cdot 60} \cdot 0,42 = 1,95 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 117 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де коефіцієнти  $C_v, x, y, m$  – табличні значення [23], для сталюого литва і різця з твердим сплавом:

$$C_v = 620, x = 0,15, y = 0,2, m = 0,2.$$

Коефіцієнт швидкості розраховується за формулою [23]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi} \cdot K_r = 1,0 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,42,$$

де  $K_{mv} = 1,0$  – коефіцієнт, який залежить від матеріалу, що оброблюється;

$K_{nv} = 0,65$  – коефіцієнт, який враховує стан обробленої поверхні;

$K_{uv} = 0,7$  – коефіцієнт, який враховує матеріал ріжучої частини інструмента;

$K_{\phi} = 0,97$  – коефіцієнт, який враховує кут у плані;

$K_r = 0,94$  – коефіцієнт, який враховує радіус ріжучої кромки інструменту.

Частота обертання:

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 1,95}{3,14 \cdot 100} = 282,74 \frac{\text{об}}{\text{хв}} = 2,38 \frac{\text{об}}{\text{с}};$$

Кінцеве значення, яке приймаємо:

$$n_{\text{чист}} = 220 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

тоді

$$V_{\text{чист}} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 220}{1000} = 69,1 \frac{\text{м}}{\text{хв}} = 1,15 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Хвилинна подача:

$$S_m = S \cdot n = 0,4 \cdot 220 = 88 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}.$$

Сила різання:

$$P_{Z_{\text{чист}}} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 69,1^{-0,15} \cdot 0,75 = 899,2 \text{ Н},$$

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						139
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

де  $C_p, x, y, n$  – табличні значення [23] для сталюого литва і різця з твердим сплавом :  $C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15$ .

Коефіцієнт  $K_p$  являє собою множення ряду коефіцієнтів:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,75,$$

де  $K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$  – коефіцієнти, які враховують фактичні умови різання. Значення цих коефіцієнтів табличні [23].

Потужність різання:

$$N_{\text{чист}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{899,2 \cdot 69,1}{1020 \cdot 60} = 1,015 \text{ кВт.}$$

#### A.2.4 Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів Ø 16 мм

Матеріал який оброблюється – сталь 08X18H10T. Обладнання – токарно – карусельний верстат з ЧПК моделі MC1700МФ4, інструмент – свердло спіральне діаметром 10 мм з швидко ріжучої сталі Р6М5 (ГОСТ 4010–77), форма заточення свердла – нормальна.

$$\text{Глибина різання } t = \frac{d}{2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ мм.}$$

З рекомендованих подач призначаємо  $S_0 = 0,28$  мм/об. Приймаємо період стійкості інструмента  $T = 45$  хв.

Швидкість різання, яка допускається періодом стійкості інструмента:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S_0^y} \cdot K_v = \frac{9,8 \cdot 16^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,28^{0,5}} \cdot 0,47 = 26,2 \text{ м/хв,}$$

$$\text{де } K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 0,47 \cdot 1 \cdot 1 = 0,47,$$

$$C_v = 9,8,$$

$$q = 0,4,$$

$$y = 0,5,$$

$$m = 0,2.$$

$K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу:

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						140
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \cdot \left( \frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^{N_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{325} \right)^{-0,9} = 0,47,$$

де  $K_{\Gamma} = 1$  – коефіцієнт, що враховує матеріал свердла.

Обертний момент та осьова сила:

$$M_{об} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S_0^y \cdot K_p, \text{ Нм}; \quad (\text{A.5})$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \text{ Н}, \quad (\text{A.6})$$

Значення коефіцієнтів та показників ступеня вибираємо за таблицями в довіднику.

$$C_M = 0,0345,$$

$$q = 2,0,$$

$$y = 0,8,$$

$$C_p = 68,$$

$$q = 1,0,$$

$$y = 0,7.$$

$k_p$  – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки,  $k_p = 0,68$ .

$$M_{об} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 16^2 \cdot 0,28^{0,8} \cdot 0,68 = 21,7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 16^1 \cdot 0,28^{0,7} \cdot 0,68 = 3035 \text{ Н}.$$

Потужність різання:

$$N_c = \frac{M_{об} \cdot n}{9750}, \quad (\text{A.7})$$

де  $n$  – частота обертання інструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 26,2}{3,14 \cdot 16} = 221,7 \text{ об/хв.}$$

По станку підбираємо наближене значення  $n_{\Phi} = 225 \text{ об/хв}$ , тоді фактична швидкість різання:

$$V_{\Phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\Phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 225}{1000} = 11,3 \text{ об/хв}.$$

Потужність різання:

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		141

$$N_c = \frac{21,7 \cdot 225}{9750} = 0,5 \text{ кВт.}$$

По паспортним даним, потужність станка  $N_{кр} = 15 \text{ кВт.}$

Приймаємо:  $t = 7 \text{ мм, } S_0 = 0,28 \text{ мм/об,}$

$$n_{\phi} = 225 \text{ об/хв, } V_{\phi} = 11,3 \text{ м/хв, } N = 0,5 \text{ кВт,}$$

$$S_{хв} = 0,28 \cdot 225 = 63 \text{ мм/хв.}$$

### А.2.5 Розрахунок норми часу на свердління отворів $\varnothing 16 \text{ мм}$

Штучно – калькуляційний час на свердління:

$$T_0 = \frac{l + l_{\text{вп}} + l_{\text{пер}}}{S_{\text{хв}}} = \frac{100 + 0,3 \cdot 16 + 0}{63} = 1,66 \text{ хв,}$$

де  $l$  – довжина поверхні, яка оброблюється:

$$l = t = 16 \text{ мм;}$$

$$l_{\text{вп}} = 0,3 \cdot 16 \text{ мм – довжина врізання;}$$

$$l_{\text{пер}} = 0 \text{ – довжина перебігу інструменту.}$$

Таблиця А.3– Норми допоміжного часу

№ п/п	Найменування дії оператора	Норма часу
1	Очистити пристрій від стружки	0,09
2	Встановити та зняти заготовку вручну	0,15
3	Закріпити та відкріпити заготовку	0,04
Всього		0,28

$$\text{Для одного отвору: } T_{\text{цк}} = 1,66 + 0,28 = 1,94 \text{ хв.}$$

$$\text{Для шести отворів: } T = 1,94 \cdot 6 = 11,7 \text{ хв.}$$

### А.3 Розробка пристрою

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк. 142
Змн.	Арк.	№ локвм.	Пілпис	Лат		

### А.3.1 Призначення, опис конструкції і робота пристрою

Накладні поворотні столи встановлюються на робочий стіл вертикального або радіально-свердлильного верстата і використовуються для обробки деталей, отвори в яких розташовані по колу. На верстатах з багатошпindelною свердлильною головкою поворотні столи слугують для позиційної обробки отворів в деталях.

На поворотній частині столу або стійки монтуються змінні наладки для базування і закріплення оброблюваних деталей. Наладки на столи складаються в основному з установочно-затискних елементів; кондукторна плита з втулкою закріплюється на корпусі окремо. Наладки на стійки окрім установочно-затискних пристроїв включають звичайно кондукторні плити з кондукторними втулками. В такому виконанні вони представляють собою звичний кондуктор, що обертається разом з планшайбою.

Розрахунок параметрів роботи пристрою, які забезпечують надійне закріплення деталі

Для свердління отворів, діаметром 16 мм у трубній решітці передбачений технологічним процесом поворотний стіл, у якому закріплення оброблюваної деталі здійснюється за допомогою своєї ваги.

Проведемо перевірочний розрахунок сили затиску заготовки.

Деталь встановлена на нижню поверхню стола. Виникаюча сила різання створює момент, що прагне повернути заготовку навколо осі.

Цьому моменту протидіє момент тертя, створюваний власною вагою заготовки.

Власна вага заготовки:

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		143

$$P = m \cdot g = 0,784 \cdot 9,81 = 84,9 \text{ Н},$$

де  $m = 0,784$  кг – маса деталі;

$g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – прискорення вільного падіння.

Сила тертя заготовки:

$$F_{\text{тр}} = P \cdot f = 84,9 \cdot 0,4 = 34,4 \text{ Н},$$

де  $f = 0,4$  – коефіцієнт тертя.

Момент тертя заготовки:

$$M_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot r = 34,4 \cdot 0,663 = 22,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Необхідною умовою для того, щоб деталь у процесі обробки залишалася нерухомою, є те, щоб зусилля, що розвивається заготовкою від власної ваги, перевищувало зусилля, що виникає в процесі різання:

$$M_{\text{тр}} \geq M_{\text{св}}$$

$$22,8 \geq 21,7$$

Умова виконується.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						144
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		



**ДОДАТОК Б**  
**Автоматичний контроль і керування процесом**

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						145
Змн.	Арк.	№ доквм.	Піппс	Лат		

## Автоматизація виробництва миючих засобів

### Б.1 Опис технологічного процесу, як процесу автоматизації

Сировина – кислотна суміш потрапляє до насоса 1, який подає її до реактора 2, де відбувається розчинення ПАР. Після цього маса потрапляє до теплообмінника 3, де охолоджується до 20-25 °С (Рисунок Б.1). Наступним кроком є перемішування кислотної суміші та компонентів у змішувачі 4. Готова суміш потрапляє у збірник 5, після чого її відправляють на фасування. Параметри наведені у таблиці Б.1.

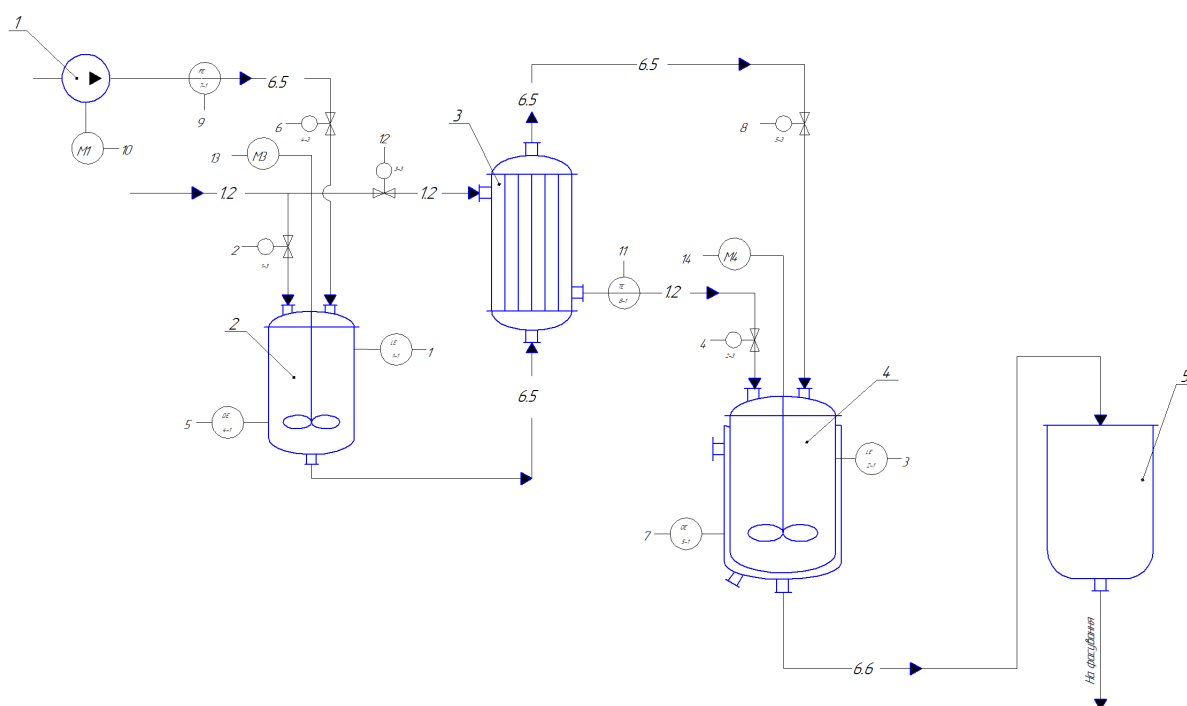


Рисунок Б.1 – Технологічна схема лінії виробництва миючих засобів

1 – насос; 2 – реактор; 3 – теплообмінник; 4 – змішувач; 5 - збірник.

Таблиця Б.1 – Параметри основного технологічного режиму

Назва параметру	Контроль	Регулювання	Сигналізація та захист	Дист. керування
Концентрація лаурилсульфат натрію у реакторі 2 та змішувачі 4	+	+	+	+
Рівень лаурилсульфат натрію у реакторі 2 та змішувачі 4 $L = 0,7 \pm 0,15$ м	+	+	+	+
Температура в теплообміннику 3 $T = 20 \pm 5$ °C	+	+	+	+
Витрати лаурилсульфат натрію, який потрапляє до реактора 2 та змішувача 4	+	+	-	-
Потужність насосів	+	+	+	+

## Б.2 Основні рішення з автоматизації

### Б.2.1 Системи контролю

Функціональна схема автоматизації лінії виробництва миючих засобів включає в себе системи контролю якості, витрат та температури [3, 4].

Для контролю процесів, які відбуваються в реакторі 2 та змішувачі 4 використовуємо такі технічні засоби, як:

Позиція 1-1, 2-1 – Рівнемір кислотності ультразвуковий з електромеханічним перетворювачем.

Позиції: 4-1, 5-1 – концентратомір кислотості кондуктометричний.

Позиції: 4-2, 5-2 – проміжний перетворювач, який знаходиться на щиті керування.

Для контролю процесів, які відбуваються в теплообміннику використовуємо такі технічні засоби, як:

Позиція 8-1 - Термоелектричний перетворювач.

Для контролю витрат на трубопроводах використовуємо такі технічні

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		147

засоби:

Позиція 7-1, - перетворювач витрат вимірювальний електромагнітний.  
Мікроконтролер виконує такі функції контролю як вимірювання, індикація і реєстрація.

#### Б.2.2 Автоматичне регулювання

Функціональна схема автоматизації лінії виробництва миючих засобів включає автоматичне керування концентрації, витрат та температури [3, 4].

Для регулювання та керування процесом, який виконується в реакторі 2 та змішувачі 4 використовуємо такі технічні засоби, як:

Коли рівень рідини у реакторі 2 та змішувачі 4 набуває достатнього, реагують позиції 1-1, 2-1 - рівнеміри ультразвукові з електромеханічним перетворювачем, в яких сигнал перетворюється, реєструється, архівується спрацьовує захист і сигнал звідти йде на регулюючі прилади 1-3, 2-3 відповідно.

Позиції 4-1, 5-1 – Концентратомір кислотності кондуктометричний, призначений для вимірювання концентрації. Коли концентрація в реакторі або в змішувачі достатня, спрацьовує автоматичне регулювання процесом з концентратомірів сигнал подається на перетворювачі 4-2, 5-2, які знаходяться на щиті, сигнал реєструється, архівується і поступає звідти на регулюючі пристрої 4-3, 5-3 відповідно.

Для регулювання та керування процесом, який виконується в теплообміннику 3, використовуються такі технічні засоби, як:

Позиція 8-1 - термоелектричний перетворювач, призначений для вимірювання температури і передачі сигналу на показуючі прилади і посилення сигналу на регулюючі пристрої.

#### Б.2.3 Технологічна сигналізація та захист

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						148
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Технологічна сигналізація у процесі виробництва миючих засобів встановлена на контроль параметрів: концентрація та рівень суспензії в реакторі 2 та змішувачі 4, температура в теплообміннику 3.

Сигналізація спрацьовує при досягненні максимального чи мінімального значення контрольованого параметра (температура в теплообміннику 3). Замкнеться контакт в приладі і утворюється замкнутий ланцюг живлення для електромагніту. Реле спрацьовує, внаслідок чого перемикаються його контакти. Контакт (нормально замкнений) розмикається і гасне лампочка, а контакт (нормально розімкнутий) замикається і загорається лампочка. Після того, як температура унормується, контакт в приладі розмикається, ланцюг живлення електромагніту розривається. Реле спрацьовує і контакти перемикаються назад. Припиняє світитися лампочка.

На схемі не показано сигналізації. Всі ланцюги сигналізації побудовані за типовим варіантом.

Захист або ж блокування може спрацьовувати в декількох випадках:

1. Відсутність тиску в трубопроводі на виході насосів.
2. Концентрація сировини, яка потрапляє до реактора 2 або змішувача 4 недостатня.
3. Рівень перевищує норму.
4. Температура перевищує допустиму норму.

Захист спрацьовує, коли замикається контакт приладу при малому тиску в трубопроводі після насоса. Внаслідок замикається контакт 1 реле 1, загорається сигнальна лампочка, далі замикається контакт реле 2 і загорається лампочка, які означають, що впав тиск і спрацювало реле 1 і 2. В схемі включення-виключення електромоторів розмикаються контакти реле 2, а контакти реле 1 відключають регулятори від клапанів. Перемикаючись, контакти реле 1 відключають регулятор від клапана і підключають його до опору навантаження для того щоб не збилися настройки, і регулятор буде формувати сигнал розузгодження далі. А клапани нормально закриті – закриваються.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		149

#### Б.2.4 Дистанційне керування виконавчими механізмами

При роботі відцентрових насосів дуже часто між корпусом насоса і крильчаткою потрапляють тверді частинки. У результаті цього крильчатка зупиняється і зупиняється електродвигун, який може вийти з ладу. У цьому випадку (у випадку аварії) повинен спрацювати механічний захист: шпонка між крильчаткою і валом зрізається. При цьому починає наростати число обертів електродвигуна, так як відсутній протидіючий момент навантаження. Тому повинен спрацювати електричний захист [6].

Аналогічна ситуація може статися і з двигуном перемішуючого пристрою. Різкий перепад напруг або ж потрапляння на вал (мотор) чужорідних деталей може призвести до виходу з ладу двигуна.

Електричний аварійний захист передбачає автоматичне відключення живлення електродвигуна при виході насоса з ладу.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Анк.
						150
Змн.	Анк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

## Перелік приладів та технічних засобів автоматизації

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва та характеристика	Кількість
1	2	3	4	5	6	7
1-1	Рівень	Реактор	___ " ___	Реактор	Рівнемір ультразвуковий з електромеханічним перетворювачем Матеріал поплавка Ст 12Х18Н10Т Межі вимірювання 0,35...12 м	2
2-1	Рівень	Змішувач	___ " ___	Змішувач		
4-1	Концентрація	Реактор	___ " ___	Реактор	Концентратомір кондуктометричний, призначений для вимірювання концентрації кислотності; межа вимірювання 0,5-100 См/м; межа основної припустимої похибки 0,4÷4%; вихідний сигнал 0-5 мА	2
5-1	Концентрація	Змішувач	___ " ___	Змішувач		
4-2	_ " _	___ " ___	___ " ___	Щит керування	Проміжний перетворювач ГТМК-18-01	2
5-2	_ " _	___ " ___	___ " ___	Щит керування		

7-1	Витрата	Трубопр.	---	Трубопр.	Перетворювач витрат вимірювальний електромагнітний матеріал електродів сталь 12Х18Н10Т швидкість потоку 1,25...10 м/с Вихідний сигнал 0...5 мА.	1
8-1	Температура	Теплообмінник	120..130°C	Теплооб.	Термоелектричний перетворювач, діапазон вимірювання -40...400 °С, довжина монтажної частини 500 мм; напруга живлення 12-36 В; робочий тиск 25 МПа; основна похибка 1,5%; вихідний сигнал 4-20 мА	1
SB1 ... SB6	Витрата	Насос	— " —	Щит керування	Пост керування кнопкою	1



**Додаток В**  
**Документація до патентного дослідження**

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						153
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

## Додаток В. Регламент патентного пошуку

Регламент патентного пошуку № ЛН71мп.066185 РП

Найменування теми: Змішувач

Шифр теми: ЛН71мп.066185.001

Етап: Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:

ЛН71мп.066185.001, 18.09.18

Предмет пошуку – змішувач, реактор, біореактор. (Об'єктом пошуку є винаходи і корисні моделі).

Мета пошуку інформації – визначення патентоздатності та патентної чистоти проєктованого апарату й визначення тенденцій розвитку цього напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Швеція, Китай, Японія.

Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, проте регламент пошуку встановлюємо такий: 2017–2018 р.р.

Класифікаційні індекси:

– міжнародна патентна класифікація: : МПК5, МПК6, МПК7, МПК8 - C12M1/06; C12M1/107; C05F17/02; C02F3/30; C12M1/04; C12M1/1; B01F7/18;

– уніфікована десяткова класифікація УДК 661.85

Джерела інформації:

– патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України, Роспатенту;

– науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічного та нафтопереробного виробництва;

– інтернет ресурси: <http://ep.espacenet.com/>, <http://www.uipv.org>, <http://uapatents.com>, [www.freepatent.ru/](http://www.freepatent.ru/), <http://www1.fips.ru/>.

Початок пошуку 18.09.18

Закінчення пошуку 28.08.18

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Пілпис	Лат		154

Таблиця В.1 – Регламент пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держав а пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Змішувач, реактор, біореактор	Визначення патентно-здатності та патентної чистоти проектового апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці.	Україна, США, Швеція, Китай, Японія.	МПК5, МПК6, МПК7, МПК8 – С12М1/06; С12М1/107; С05F17/02; С02F3/30; С12М1/04; С12М1/1; В01F7/18; УДК 663.1.	2017-2018	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей.

Таблиця В.2 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держав а пошук у	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні данні першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Змішувач, реактор, біореактор	Україна, США, Китай, Японія.	МПК5, МПК6, МПК7, МПК8 – С12М1/06; С12М1/10 7; С05F17/02; С02F3/30; С12М1/04; С12М1/1; В01F7/18; УДК 663.1.	Фонд НТУУ “КПІ” Державний патентний фонд бази даних об’єктів промислової власності, до яких надається доступ в Інтернеті <a href="http://ep.espace.net.com/">http://ep.espace.net.com/</a> , <a href="http://www.uipv.org">http://www.uipv.org</a> , <a href="http://uapatents.com">http://uapatents.com</a>	Описи винаходів патентів України № 1–41000. Описи корисних моделей патентів України № 1–1050.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971.– 785 с. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1983.– 272 с.

Таблиця В.3 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Змішувач	Патент № 112937 (UA), МПК B28C 5/14 (2006.01); Вібраційний змішувач/ Кутняк М.М.; Коц І.В. (UA); Заявка № у 2016 05253, 10.01.2017; Опубл. 10.01.2017; Бюл. № 1.	Діє
Змішувач	Патент № 115776 (UA), МПК B01F 3/18 (2006.01); Змішувач сипких матеріалів/ Дударев І.М. (UA); Заявка № у 2016 11644, 18.11.2016; Опубл. 25.04.2017; Бюл. № 8.	Діє
Змішувач	Патент № 118704 (UA), МПК C12M 1/04 (2006.01); Ферментер з вібраційним перемішуючим пристроєм / Кутовий М.Г.; Поводзинський В.М.; Шибецький В.Ю.; Костик С.І. (UA); Заявка № у 2017 01271, 13.02.2017; Опубл. 28.08.2017; Бюл. № 16.	Діє
Змішувач	Patent № US9724662; Gas mixer; Inventors: Satoshi Ohtsuki, Tatsuki Kumagai, Sayaka Yoshimura. Publication Date: 08/08/2017.	Діє
Змішувач	Patent US10137421; Static mixer; Inventor: Joong Hyun Lim, Jongho Hong; Publication Date: 27/11/2018.	Діє

Таблиця В.4 Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу.

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Змішувач	Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. /Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др/ под ред Ю. И Дытнерского.	М.: Химия, 1973.- 756 с
Змішувач	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты хим. технологии	М.: Химия, Москва 1971 – С.261

Висновок. У результаті проведеного патентного дослідження встановлено, що пропонований апарат і його складові частини відповідають умовам патентної чистоти винаходу (корисної моделі) через те, що усі суттєві ознаки найближчих аналогів не використано в проектних апаратах.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Пілпис	Лат		158

## Регламент пошуку № ЛН71мп.065347 РП

Найменування теми: Теплообмінник

Шифр теми: ЛН71мп.065347

Етап: Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:

ЛН71мп.065347, 29.09.18

Предмет пошуку – теплообмінник, холодильник.

Мета пошуку інформації – визначення патентоздатності проєктованого апарату й визначення тенденцій розвитку цього напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Японія.

Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2017–2018 р.р.

Класифікаційні індекси:

– міжнародна патентна класифікація: МПК5, МПК6, МПК7, МПК8 – B01D1/06; B01D1/30; F28B1/02; B01D1/22; C13B 25/00; B01D 1/00; B01D 1/04.

– уніфікована десятикова класифікація УДК 661.8

Джерела інформації:

– патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України:

– науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічного та нафтопереробного виробництва.

– інтернет ресурси: <http://ep.espacenet.com/>, <http://Patents1.ic.gc.ca/intro-e.html>, <http://www.depatisnet.de/>, <http://www.swissreg.ch>

Початок пошуку 29.09.18

Закінчення пошуку 10.10.18

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						159
Змн.	Арк.	№ доквм.	Пілпис	Лат		

Таблиця В.5 – Регламент пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Тепло-обмінник, холоди-льник	Визначення патентно-здатності та патентної чистоти проектова-ного апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці.	Україна, США, Велика Британія , Німеччи на, Франція , Японія	МПК5, МПК6, МПК7, МПК8 – B01D1/06; B01D1/30; F28B1/02; B01D1/22; C13B 25/00; B01D 1/00; B01D 1/04 УДК 661.5.	2017-2018	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей.



Таблиця В.6 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні данні першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Теплообмінник, холодильник	Україна, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Японія.	МПК5, МПК6, МПК7, МПК8 – B01D1/06; B01D1/30; F28B1/02; B01D1/22; C13B 25/00; B01D1/04 УДК 661.8.	Фонд НТУУ “КПІ” Державний патентний фонд бази даних об’єктів промислової власності, до яких надається доступ в Інтернеті <a href="http://ep.espacenet.com/">http://ep.espacenet.com/</a> , <a href="http://www.uipv.org">http://www.uipv.org</a> , <a href="http://uapatents.com">http://uapatents.com</a>	Описи винаходів патентів України № 1–41000. Описи корисних моделей патентів України № 1–1050. Описи винаходів патентів	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии и. М.: Химия, 1971.– 785 с.

Таблиця В.7 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Тепло-обмінник	Патент № 121939 (UA), МПК F28D 7/10 (2006.01); Теплообмінник «труба в трубі» / Мікульонок І.О.; Андреев І.А.; Довгошея А.А. (UA); Заявка № u 2017 05544, 06.06.2017; Опубл. 26.12.2017; Бюл. № 24.	Діє
Тепло-обмінник	Патент № 122008 (UA), МПК F28D 7/10 (2006.01); Теплообмінник «труба в трубі» / Андреев І.А.; Мікульонок І.О.; Чайківський К.В. (UA); Заявка № u 2017 06396, 22.06.2017; Опубл. 26.12.2017; Бюл. № 24.	Діє
Тепло-обмінник	Патент № 122866 (UA), F28D 7/10 (2006.01); Теплообмінник «труба в трубі» / Андреев І.А.; Мікульонок І.О.; Пищик Б.І. (UA); Заявка № u 2017 08937, 08.09.2017; Опубл. 25.01.2018; Бюл. № 2.	Діє
Холодильник	Patent US9989299 B1; Cooler; Inventor: Robert Ballar. Publication Date: 05/06/2018	Діє
Холодильник	Patent US20170276058A1; Charge air cooler; Inventor: Kevin BOCKSTANZ, Dwayne Robert Taylor. Publication Date: 27/08/2017	Діє

Таблиця В.8 Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу.

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Тепло-обмінник	Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. /Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др/ под ред Ю. И Дытнерского.	М.: Химия, 1973.- 756 с
Тепло-обмінник	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты хим. технологии	М.: Химия, Москва 1971 – С.261

Висновок. У результаті проведеного патентного дослідження встановлено, що пропонований апарат і його складові частини відповідають умовам патентної чистоти винаходу (корисної моделі) через те, що усі суттєві ознаки найближчих аналогів не використано в проектних апаратах.

**Додаток Г**  
**Патенти, які використані в патентному дослідженні**

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						164
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

**Додаток Д**  
**Публікації автора**

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
						165
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

## Список наукових праць

пошукача кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

### ДРАГУЗІ ОЛЕНИ ВАСИЛІВНИ

1. Модернізація установки виробництва синтетичних миючих засобів (СМЗ) / Зубрій О.Г., Драгузя О.В. // «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів»: XXI всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених, (Київ, 29 – 30 листопада 2017): зб. тез доп. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017р. – Секція 1. – С. 20-21.
2. Аналіз сучасних конструкцій реакторів-змішувачів / Зубрій О.Г., Драгузя О.В. // «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання»: XIV всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених, (Київ, 23 – 25 квітня 2018): зб. тез доп. – «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018р. – Секція 1. – С. 28 – 29.
3. Технологічний процес виготовлення рідких миючих засобів / Зубрій О.Г., Драгузя О.В. // «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання»: XV всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених, (Київ, 28 – 29 листопада 2018): зб. тез доп. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018р. –Секція 1. – С. 32 – 33.
4. Драгузя О.В., Зубрій О. Г. Вибір типу змішувача для виробництва рідких миючих засобів // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". — 2018. — №19, Том 1 – С. 24 – 27.
3. Заявка № u 201811330 Україна Олобонь з напівтруб / Зубрій О.Г., Драгузя О.В. – u 201811330; заявл. 19.11.2018.

					ЛН71мп. 066185.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		166